VISIT…

БОТАНИКА

Я ПОЗНАЮ МИР

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

Я ПОЗНАЮ МИР

БОТАНИКА

АСТ • Астрель
Москва

УДК 087.5:58
ББК 28.59я2
Я11

Автор *Ю. Н. Касаткина*
Художники: *О. П. Багина, О. А. Герасина*
Иллюстрации на обложке *Ю. А. Станишевского*

Я познаю мир. Ботаника : энцикл. / Ю. Н. Касаткина; худож. О. П. Багина, О. А. Герасина. — М.: АСТ: Астрель, 2009. — 398, [2] с.: ил.

Я11

ISBN 978-5-17-019665-4 (АСТ) (ЯПМ)
ISBN 978-5-271-06904-8 (Астрель)

ISBN 978-5-17-019668-5 (АСТ) (ЯПМ-2)
ISBN 978-5-271-06905-5 (Астрель)

Если вы считаете, что ботаника — это скучно, возможно, вы просто не читали новый том универсальной энциклопедии «Я познаю мир». На страницах этой книги вы познакомитесь с основными группами не только растений, но и бактерий, вирусов, грибов и простейших, причем прочитаете не только о строении и размножении, но и о необыкновенных приспособлениях растений, их эволюции, о дружбе и вражде в растительном мире. Энциклопедия также послужит прекрасным дополнением к учебнику, поможет школьникам при подготовке к экзаменам, написании рефератов и докладов.

УДК 087.5:58
ББК 28.59я2

Подписано в печать с готовых диапозитивов заказчика 24.04.2009 г.
Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага газетная. Печать высокая с ФПФ
Усл. п. л. 21,00. С.: (ЯПМ). Тираж 2000 экз. Заказ 1215.
С.: (ЯПМ-2). Тираж 2000 экз. Заказ 1216.

Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 2; 953000 — книги, брошюры

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.60.953.Д.014255.12.08 от 23.12.2008 г.

ISBN 978-985-13-3211-9
(ООО «Харвест»)(ЯПМ)
ISBN 978-985-16-4454-0
(ООО «Харвест»)(ЯПМ-2)

© ООО «Издательство Астрель», 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

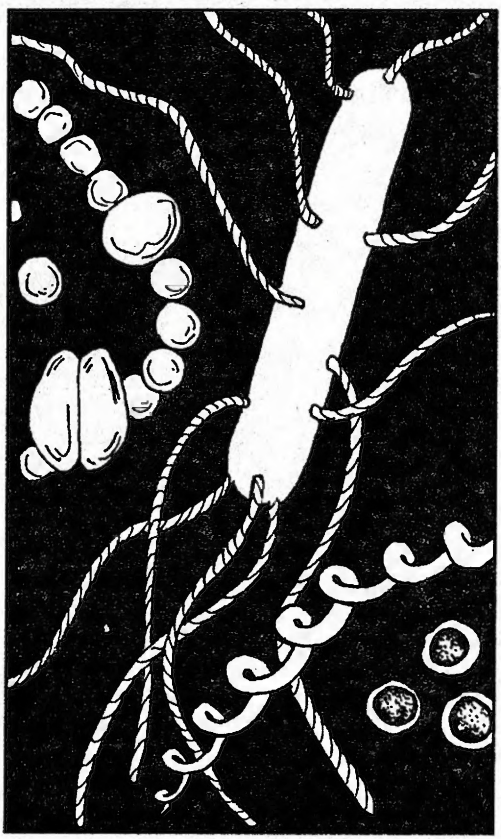
Для ученых прошлого весь мир живой природы естественно разделялся на растения и животных. Грибы и лишайники тоже относились к растительному царству, поскольку они не способны активно передвигаться и растут в течение всей жизни, как и «положено» растениям.

И когда в конце XVII века в тесной и темной каморке городской ратуши Антони ван Левенгук — простой голландский мануфактурщик — впервые увидел в самодельный микроскоп одноклеточные организмы, среди которых были и простейшие, и бактерии, и микроскопические грибы, традиционное деление всех живых существ на растения и животные распространилось и на них: зеленых простейших причислили к растениям, а незеленых — к животным.

Шли годы и столетия, знания людей о живой природе пополнялись, и ученым стало «тесно» традиционное деление всех организмов на животных и растения: слишком уж сильно отличались разные «растения» друг от друга. В современной биологии выделяются

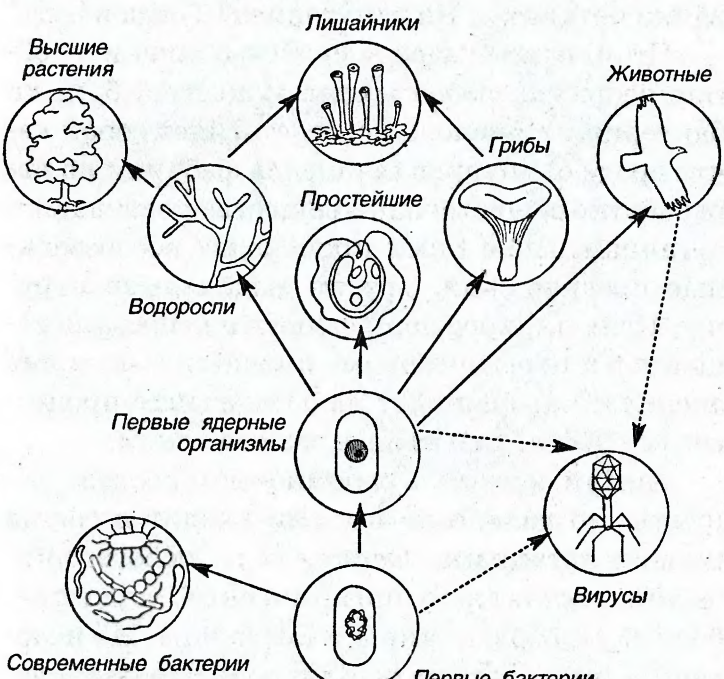
vже не два, а 7 царств: растений (в узком смысле), животных, грибов, лишайников, простейших, бактерий и вирусов. Но до сих пор по традиции при изучении ботаники принято рассматривать все живые организмы кроме животных. И хотя сейчас микологию — науку о грибах, вирусологию и микробиологию выделяют в отдельные дисциплины, на страницах этой книги мы последуем древней традиции и познакомимся со всеми организмами, наука о которых многие столетия называлась ботаникой.

МИР НА КОНЧИКЕ ИГЛЫ: БАКТЕРИИ И ВИРУСЫ



ТАКИЕ РАЗНЫЕ, ТАКИЕ ПОХОЖИЕ

Растения, грибы, лишайники, бактерии, вирусы, простейшие — все они так сильно отличаются друг от друга, что на первый взгляд кажется — между ними нет ничего общего. Ну, по крайней мере, в одном эти организмы сходны — все они являются живыми существами. Кстати, быть живыми — это значит обладать очень многими способностями, поэтому общих признаков у, скажем, вируса гриппа и раскидистого дуба довольно много.



Предполагаемое родословное древо царств живой природы

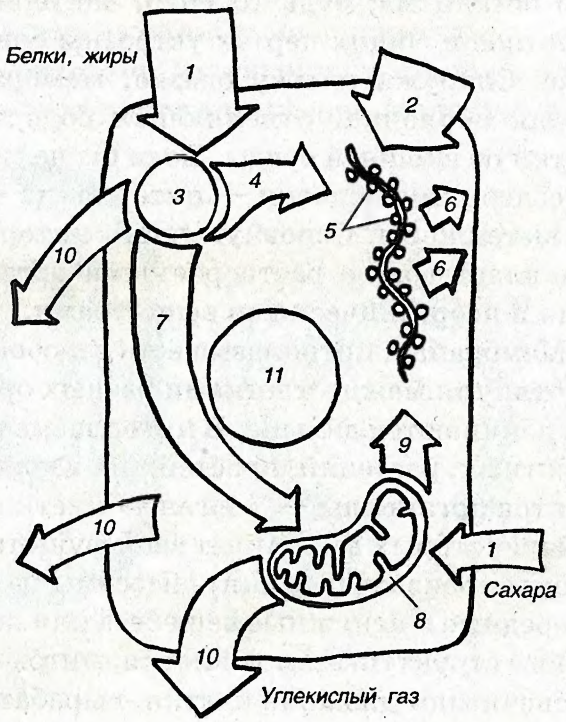
Основные свойства живых организмов — это **обмен веществ**, способность к росту, размножению и, конечно, наследственность, способность производить потомков, похожих на своих родителей. Так вот, прежде чем перейти к знакомству с разными и непохожими друг на друга представителями живого мира, нам придется немного остановиться на их общих свойствах. Здесь вам, возможно, встретится много новых, незнакомых понятий — не пугайтесь, они с нетерпением ждут возможности подружиться с вами и быть вашими помощниками в исследовании ботаники. Не испугались? Тогда в путь!

Итак, самое главное свойство жизни — обмен веществ: любое живое существо, будь то бактерия или человек, представляет собой нечто вроде самоуправляющейся фабрики по переработке веществ: одни вещества поступают в организм, где с ними происходят всевозможные превращения, другие выделяются наружу. Целью такого непрерывного движения веществ в живом организме является получение энергии, которая идет на обеспечение процессов его роста, развития и размножения.

Химии известно огромное количество веществ, но далеко не все они входят в состав живого организма. Основу тела любого организма составляют органические вещества: белки, углеводы, жиры и витамины. Из неорганических веществ особую роль играют вода, кислород, углекислый газ, соединения азота (они входят в состав белков), серы, фосфора,

кальций, калий, натрий и микроэлементы, необходимые в небольших количествах.

В организме между органическими и неорганическими веществами постоянно происходят разные превращения: органические соединения разрушаются до неорганических с выделением энергии, простые неорганические вещества входят в состав сложных органических молекул.



Обобщенная схема обмена веществ в клетке

1 — поступление в клетку питательных веществ; 2 — поступление воды и кислорода; 3 — лизосома (пищеварительная вакуоль); 4 — аминокислоты; 5 — рибосомы; 6 — синтез белка; 7 — жиры, углеводы и др.; 8 — митохондрия; 9 — запасание энергии; 10 — удаление побочных продуктов; 11 — ядро.

Переработка веществ и получение энергии в живом организме происходит в **клетках.** Живую клетку можно сравнить с фабричным цехом, на котором безостановочно производятся необходимые клетке вещества и разрушаются другие, ненужные.

Все живые существа на Земле, за исключением вирусов, состоят из клеток. Клетки любого организма, будь то гриб, бактерия или животное в общих чертах устроены очень похоже. Снаружи клетку одевает **мембрана** — тонкая оболочка, отделяющая содержимое клетки от внешней среды. Если бы не мембрана, содержимое клетки — **цитоплазма** — просто вытекло бы. Основную часть цитоплазмы составляет вода с растворенными органическими и неорганическими веществами.

Мембрана и цитоплазма есть в любой клетке, отличия между клетками разных организмов начинаются дальше. В цитоплазме клеток животных, растений, простейших и грибов находятся **органеллы** — «органы» клетки, каждый из которых выполняет свои функции: рибосомы производят белки, лизосомы разрушают вредные и ненужные вещества или поврежденные структуры самой клетки, митохондрии обеспечивают дыхание клетки, вырабатывают и накапливают энергию. Все органеллы за исключением рибосом покрыты собственными мембранами. Кроме этого, клетки животных, растений, простейших и грибов содержат особую органеллу — **ядро,** поэтому все эти орга-

низмы называют ядерными. Сверху ядро покрывает ядерная мембрана, а внутри него находятся молекулы **дезоксирибонуклеиновой кислоты**, или сокращенно **ДНК**, на которых зашифрована наследственная информация клетки, т. е. вся информация о том, как должна выглядеть клетка, какие она несет признаки и свойства, как должна расти и развиваться.

В отличие от **ядерных** организмов в клетках **бактерий** нет ни одной органеллы, покрытой собственной мембраной, а значит, нет и ядра (посмотрите на рисунке). Молекула ДНК

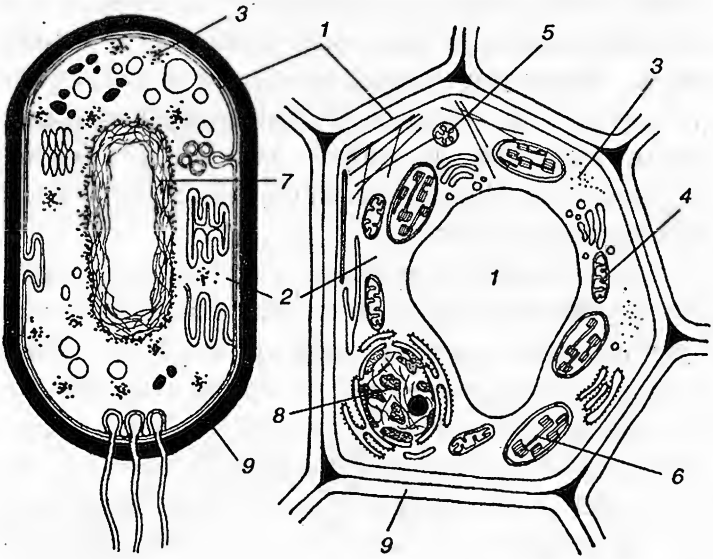


Схема строения клетки бактерий (а) и ядерных организмов (б):

1 — клеточная мембрана; 2 — цитоплазма; 3 — рибосомы; 4 — митохондрии; 5 — лизосомы; 6 — хлоропласты; 7 — кольцевая молекула ДНК бактерий; 8 — ядро; 9 — клеточная стенка (бактерии, грибы, растения)

бактерий не защищена ядерной оболочкой и свободно плавает в цитоплазме клетки, поэтому бактерий называют **доядерными** организмами.

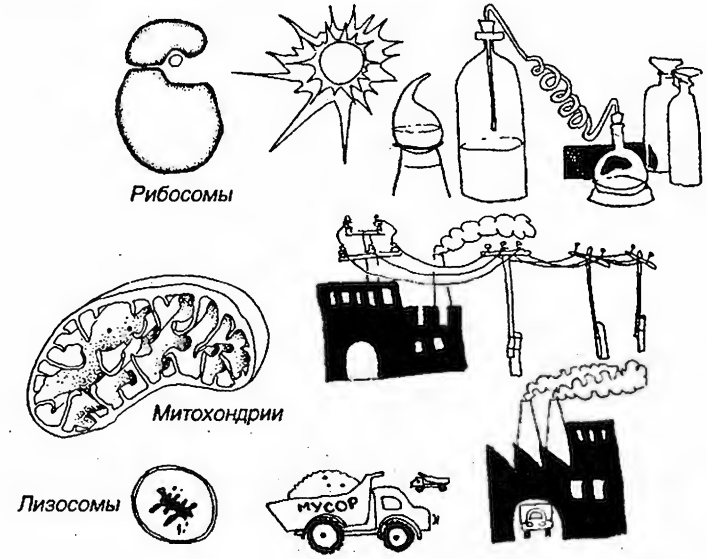
Однако различия между ядерными и доядерными организмами не заканчиваются отсутствием у бактерий ядра. Если вы сравните клетки, изображенные на рисунке, вы увидите, насколько сложнее устроена клетка ядерных организмов по сравнению с бактериальной.

В клеточном цехе ядерных организмов превращения одних веществ в другие осуществляются с помощью отдельных органелл: дыхание происходит в **митохондриях**, фотосинтез — в **хлоропластах**, разрушение веществ — в **лизосомах.** У бактерий нет других органелл, кроме рибосом, а все процессы, которые у ядерных организмов выполняют отдельные органеллы, у бактерий происходят на складках наружной мембраны клетки.

Но больше всего ядерные и доядерные организмы отличаются количеством наследственной информации, которая содержится в их клетках. Вы уже знаете, что наследственная информация клетки записана в молекуле ДНК. Эту молекулу можно сравнить с гигантской библиотекой, имеющей на полках тысячи томов. В каждом таком томе зашифрован какой-то один признак организма. Например, том № 1 содержит информацию о размерах и форме клеток, том № 2 — о строении одного из белков мембраны клетки и так далее. Эти «тома» называются генами. Каждый ген — это кусочек молекулы

ДНК, на котором записана небольшая часть общей информации об устройстве организма.

Легко представить, что чем богаче «генетическая библиотека» молекулы ДНК, тем сложнее устроен организм, тем разнообразнее его свойства и больше набор веществ, которые он может производить для своих целей. У бактерий вся информация о строении их единственной клетки и ее свойствах заключена в одной единственной кольцевой молекуле ДНК. У ядерных организмов таких молекул может быть несколько десятков (например, у подсолнечника — 34, у человека — 46, а у одного из видов папоротников — 1250!). Судите сами, насколько больше наследственной информации содержится в библиотеке ядерных организмов!

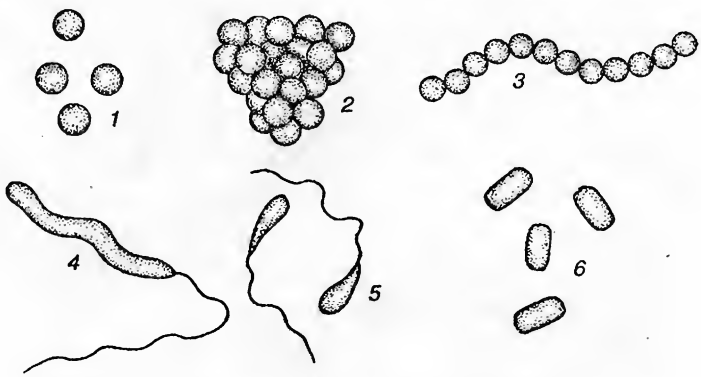


Функции основных органелл клетки

ПОЗНАКОМЬТЕСЬ — БАКТЕРИИ

Итак, вы уже знаете, что **бактерии** относятся к **доядерным** организмам. Это означает, что в их клетках отсутствует ядро и покрытые мембраной органеллы, свойственные всем ядерным организмам. Вся наследственная информация бактерий помещается на одной молекуле ДНК. Бактерии уступают ядерным организмам не только размерами «генетической библиотеки», а следовательно, и сложностью строения, но и размерами самой клетки. В среднем объем клетки бактерии в 2000 раз меньше клетки растения, животного или гриба.

Абсолютное большинство бактерий — одноклеточные организмы, однако многие спо-



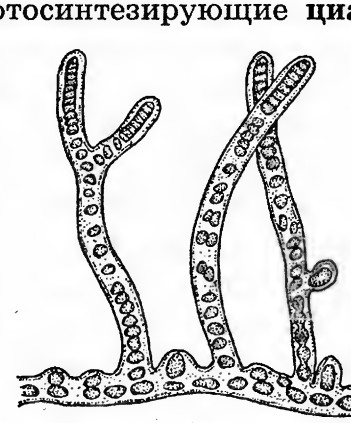
Разнообразие форм клеток бактерий

Заражение стафилококками (1) приводит к нагноениям и сепсису. Сферическую форму имеет возбудитель бактериальной пневмонии (2). Молочнокислый стрептококк, сквашивающий молоко, похож на цепочку шариков (3). Спирохета (4) является возбудителем сифилиса. Холерный вибрион (5) вызывает холеру. Палочковидную форму (6) имеет возбудитель столбняка, уксуснокислые бактерии и кишечная палочка.

собны образовывать **колонии**: цепочки, нити и грозди, окруженные общей слизистой оболочкой. Слизистая оболочка удерживает клетки колониальных бактерий вместе, помогает им закрепляться на субстрате, защищает от высыхания и проникновения бактериальных вирусов — **бактериофагов** (см. с. 56). Бактерии, лишенные слизистой оболочки, гораздо быстрее погибают от **антибиотиков** (подробнее об антибиотиках рассказывается на с.139).

Клетки бактерий, хотя они и очень мелкие, можно разглядеть даже в обычный световой микроскоп при сильном увеличении. Правда, часто приходится окрашивать бактерий специальными красителями, чтобы они стали заметны. Ну, а колонии микроорганизмов, выращенные на искусственной питательной среде можно увидеть и невооруженным глазом.

Настоящим исключением среди бактерий являются зеленые фотосинтезирующие **цианобактерии**. Цепочки клеток некоторых цианобактерий могут достигать длины 1 м! Ничего себе микроорганизмы! Внешне эти бактерии настолько напоминают водоросли, что до недавнего времени их и называли **синезелёными водорослями**



Нитчатая колония цианобактерий

(«цианус» по-латыни и означает «сине-зеленый»). Ошибка обнаружилась только после того, как на клетки «водорослей» навели окуляр электронного микроскопа: отсутствие ядра, единственная кольцевая молекула ДНК, практически полное отсутствие органелл, за исключением рибосом, не оставляет сомнений — перед нами представители царства бактерий!

ВЕЗДЕСУЩИЕ МИКРОБЫ

Бактерии — самые первые живые существа, появившиеся на нашей планете. Их ископаемые остатки были обнаружены в осадочных породах Западной Австралии и Южной Африки возрастом 3,5 млрд. лет. Напомним, что вид человек разумный, к которому мы относимся, появился на планете только около 40 тыс. лет назад. Бактерии были единственной формой жизни на Земле по крайней мере в течение 2 млрд. лет и до сих пор остаются самой многочисленной группой живых организмов на Земле: например, в 1 грамме плодородной почвы может содержаться 2,5 млрд. бактерий; 90% всей биомассы (т.е. массы всех живых существ) океана составляют бактерии.

Бактерии вездесущи. Они могут выжить там, где не может существовать ни один живой организм. Есть бактерии, способные жить только в отсутствии кислорода: в кишечнике жвачных животных, в болотах, в глубинах морей и

океанов — таковы, например, **метанообразующие бактерии.** Другие бактерии одинаково хорошо чувствуют себя и в присутствии кислорода, и без него. Известны бактерии, обитающие при высоком давлении около глубоководных вулканических кратеров при температуре свыше +360 °С (столь высокая температура воды может поддерживаться только при высоком давлении, на дне океана или искусственно в лаборатории).

Строматолиты — окаменевшие ископаемые остатки древнейших бактерий

Пределы выносливости некоторых бактерий просто «космические»! Ученые полагали, что жизнь в щелочной атмосфере Юпитера невозможна, но некоторые бактерии из долины Ливермор в Калифорнии оказались способными жить и даже размножаться в таких условиях. Другие бактерии могут выдерживать условия, напоминающие атмосферу Венеры. Эти эксперименты, конечно, не доказывают существование бактериальной жизни на других планетах, но дают некоторые основания надеяться, что жизнь в виде бактерий возможна и за пределами Земли.

Бактерии могут длительное время оставаться в состоянии анабиоза, на грани жизни и смерти, когда все процессы жизнедеятельности приостанавливаются. Бактерии возрастом не менее 10 000 (а возможно, и около миллиона) лет обнаружены в Антарктиде в образцах пород и льда, взятых с глубины более 430 м. При температуре ниже −7 °С они находились в анабиозе, но при повышении температуры ожили. Ожили после нескольких тысячелетий спячки!

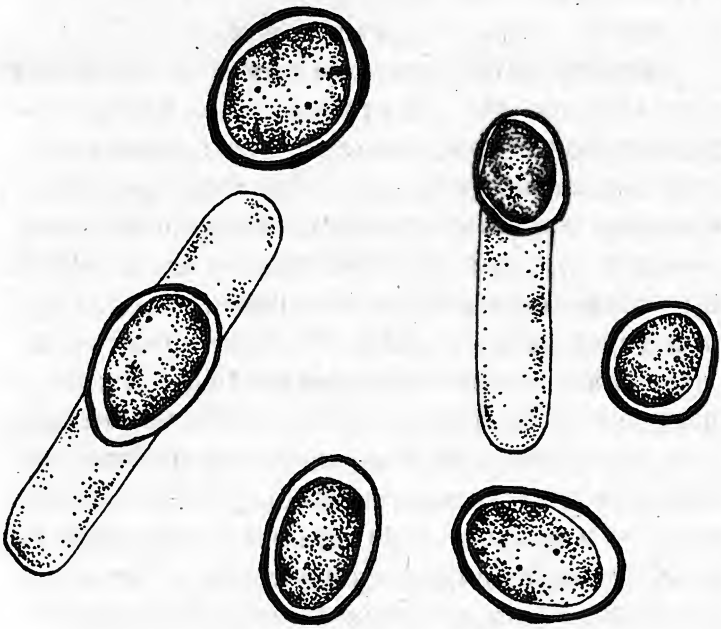
По нашим скромным человеческим меркам все бактерии проявляют фантастическую живучесть, но и среди них есть своеобразные чемпионы по выживанию. Самой большой устойчивостью к вредным воздействиям окружающей среды обладают бактерии, способные к образованию спор. Для них даже придумали особое название — **бациллы.**

Спора — это особая стадия развития бациллы, исключительно устойчивая к губительным для клетки воздействиям. Такая устойчивость достигается образованием плотной толстой оболочки (объем оболочки составляет 50% от общего объема споры), одевающей ядро вместе с тонким слоем цитоплазмы. Толстый «панцирь» надежно предохраняет бактерию от высокой или низкой температуры, действия химических веществ и жесткого космического излучения. В отличие от обычной клетки, на 90% состоящей из воды, спора практически полностью обезвожена, из-за это-

го в ней прекращаются все процессы обмена веществ, и клетка впадает в состояние анабиоза, что и делает ее такой неуязвимой.

В лабораторных условиях бациллы превращаются в споры, если их долго выращивать на одной и той же питательной среде, не меняя ее и не удаляя из нее вредные продукты обмена веществ — отходы жизнедеятельности. В природе бациллы образуют споры при любых неблагоприятных условиях.

Споры бактерий обладают поразительной жизнеспособностью: их годами можно держать в высушенном состоянии, кипятить (правда, лишь при обычном атмосферном давлении),



Прорастающие споры бактерий

помещать в вакуум, замораживать до температуры жидкого гелия (−270 °С) — они остаются жизнеспособными и, попав в благоприятные для развития условия, вновь прорастают в обычные клетки.

К бактериям, способным к образованию спор, относятся возбудители таких опасных заболеваний, как столбняк, ботулизм, сибирская язва, газовая гангрена. Как же можно убить сверхустойчивые споры этих смертоносных микробов? Ведь они могут попасть на хирургические инструменты и в продукты питания. Самый простой способ избавиться от спор бактерий — покипятить все инструменты под давлением в две атмосферы. Это делается в особых приборах — автоклавах.

Можно идти и другим путем — «перехитрить» спору, дать ей превратиться в обычную, уязвимую клетку, а затем убить сравнительно небольшим нагреванием. Для этого раствор, в котором нужно убить споры бактерий, выдерживают около суток при температуре +37 °С: при этой температуре большинство бактерий чувствует себя лучше всего. Затем раствор подогревают до температуры +80 °С, и бактерии погибают. Проблема только в том, что некоторые «хитрые» споры не спешат прорастать сразу и остаются живыми. Чтобы убить и их, описанную процедуру проделывают еще один-два раза. В конце концов живых спор уже не остается. Именно так предохраняют от порчи многие пищевые продукты, например молоко и пиво.

Способ обеззараживания продуктов путем «провокации» спор к прорастанию получил название **пастеризации**, по имени французского микробиолога **Луи Пастера**, разработавшего этот метод. Пастеризация хороша тем, что позволяет сохранить все ценные вещества, содержащиеся в пище (прежде всего, витамины), не разрушая их кипячением.

Луи Пастер

СОЗИДАТЕЛИ ИЛИ РАЗРУШИТЕЛИ?

Бактерии устроены гораздо проще, чем другие обитатели Земли, однако простота строения не мешает им играть самые разнообразные роли в экосистеме планеты.

Уже известные нам **цианобактерии** являются счастливыми обладателями зеленого пигмента **хлорофилла** и способны к **фотосинтезу**: используя энергию солнечного света, они превращают углекислый газ и воду в органические молекулы сахаров, белков, витаминов и жиров, одновременно выделяя кислород.

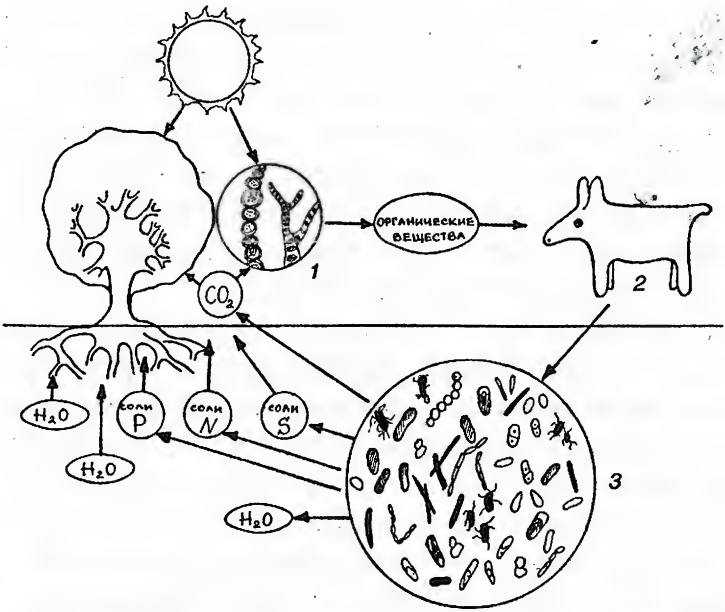
По всей видимости, цианобактерии были первыми фотосинтезирующими организмами на Земле. С их появлением в атмосфере нашей

планеты начал накапливаться кислород (до этого, в первичной атмосфере Земли, его не было). Когда кислорода накопилось достаточно, он начал частично превращаться в озон — газ, не пропускающий в атмосферу губительное для всего живого жесткое космическое излучение. Только после образования озонового слоя жизнь смогла проникнуть в верхний слой воды и выйти на сушу. А поскольку кислород и озон образовались в результате деятельности первых фотосинтезирующих бактерий, можно смело сказать, что своим возникновением все остальные организмы обязаны именно им.

Многие виды бактерий питаются готовыми органическими веществами, подобно животным. Некоторые употребляют в пищу мертвые растительные и животные останки — их, вместе с грибами, по справедливости можно назвать санитарами планеты, очищающими ее поверхность от мертвой массы растений и животных.

Удивительна способность бактерий использовать в пищу, казалось бы, самые несъедобные вещества. Бактерии переваривают красители, пестициды, нефть, синтетические ткани, быстро осваивают совершенно новые материалы. Например, нейлон, впервые полученный в 1939 году, уже через несколько десятилетий стал источником пищи для бактерий из рода **флавобактериум** (*Flavobacterium*).

Если растения и цианобактерии являются строителями органического вещества, то другие бактерии, а также **грибы** — профессио-



Роль бактерий в круговороте веществ

Растения и цианобактерии (1) синтезируют органические вещества, используя энергию солнечного света и простые неорганические соединения. Органические соединения потребляются животными (2). Органические соединения отмерших растений и животных разрушаются бактериями и грибами (3) до простых неорганических соединений.

нальные разрушители. И эта профессия ничуть не менее важна. С помощью **гнилостных бактерий** и грибов органические вещества снова превращаются в неорганические и могут быть повторно использованы фотосинтезирующими организмами. Если бы на земном шаре жили только животные и растения, неизбежно наступил бы момент, когда весь углекислый газ воздуха, серные и азотные соединения почвы были бы усвоены растениями и

перешли в органические соединения. Растения погибли бы из-за недостатка питательных веществ, а с ними погибли бы и животные. Этого не происходит благодаря бактериям и грибам, которые превращают органические соединения отмерших растений и животных в неорганические и вновь вовлекают их в природный круговорот веществ.

У бактерий и грибов, таких непохожих по другим признакам, помимо профессии мусорщиков есть еще одна общая черта: способ поглощения питательных веществ. В отличие от животных, которые активно заглатывают частицы пищи, грибы и бактерии всасывают растворенные питательные вещества всей поверхностью клеток. Для того чтобы сделать пищу доступной для всасывания, бактерии и грибы выделяют пищеварительные соки наружу и пищеварение у них происходит не внутри организма, как у животных, а снаружи (из животных такой тип питания используют пауки).

Среди бактерий встречаются и такие, что используют в пищу только органические вещества живых организмов — это многочисленные паразиты растений, животных и человека, вызывающие различные заболевания. В их числе и обычные простуды, и такие опасные заболевания, как коклюш, чума, дифтерит, туберкулез, сибирская язва, бруцеллез, и многие другие. Возбудители этих болезней разрушают клетки и ткани организма, отравляют его ядовитыми продуктами своей жизне-

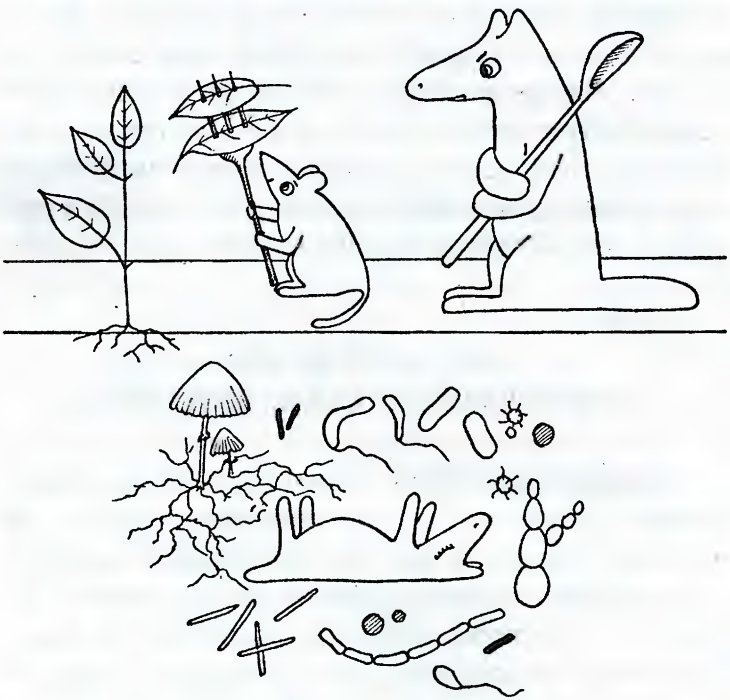
деятельности и часто вызывают гибель человека или животного.

Ядовитые продукты жизнедеятельности некоторых болезнетворных бактерий разрушающе действуют на организм животных в ничтожных концентрациях. Например, 30 г яда **дифтерийных бацилл** достаточно, чтобы убить 75 000 крупных собак. Поэтому, чтобы убить животное или человека достаточно самого ничтожного количества этих микробов. Главным образом, они концентрируются в глотке больного, а ядовитое вещество распространяется по всему организму, действуя на сердечную мышцу и почки, вызывая паралич дыхательного нерва и быструю смерть от удушья. Сейчас дифтерия встречается довольно редко, поскольку большинство детей проходят вакцинацию, но еще до середины XIX века от этой болезни погибало 50–60 детей из 100 заболевших.

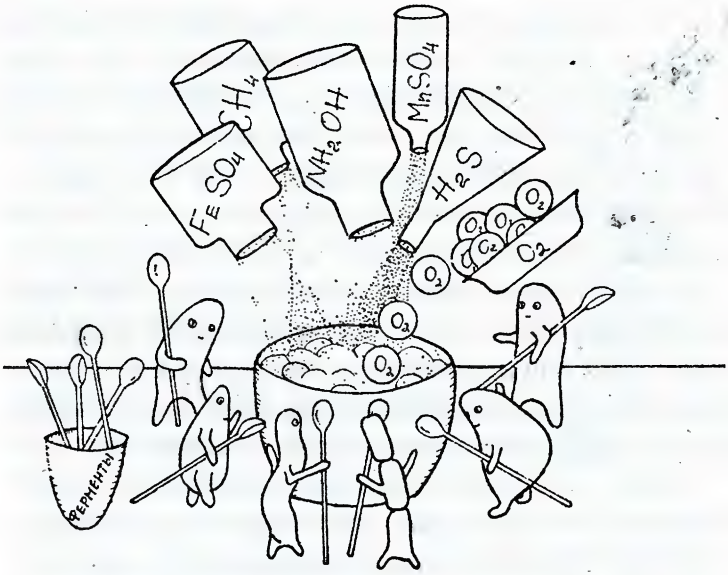
ВЫДАЮЩИЕСЯ ХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБНОСТИ

Всем живым организмам для поддержания жизни, развития и размножения требуется энергия. Энергию можно получать из разных источников. Самым «дешевым» и универсальным источником энергии является солнце. Его энергию используют организмы, способные к фотосинтезу, это — цианобактерии, растения и некоторые простейшие.

Грибы и часть бактерий, которые питаются по типу животных, получают энергию, разрушая готовые органические вещества, поступающие в организм с пищей. Кислород, поступающий в клетки в процессе дыхания, окисляет белки, жиры и углеводы до более простых соединений. Окисление — это химическая реакция, похожая на обычное горение, только очень медленное. Такое биологическое «горение» происходит внутри живых клеток, не повреждая их. Как и при горении, при окислении выделяется энергия. Часть ее расходуется

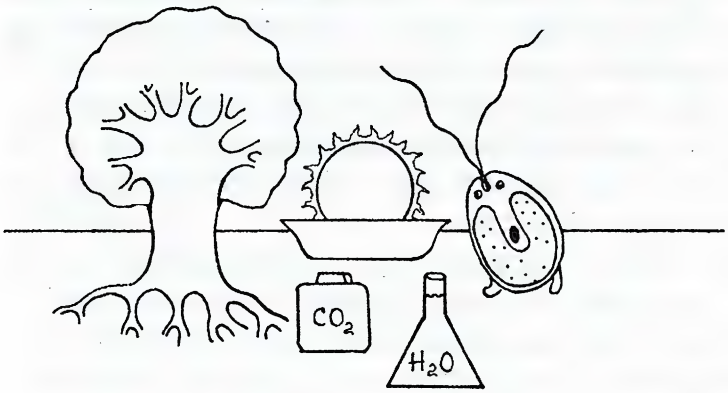


Гетеротрофное питание



Хемотрофное питание

на обогрев организма, а часть идет на построение новых «грибных» или «животных» белков, жиров и углеводов.



Автотрофное питание

Итак, энергию можно получать от солнца или при разрушении органических веществ. Оба эти способа **бактерии** освоили задолго до того, как на Земле появились первые растения, животные и грибы (**фотосинтез** был «изобретен» бактериями еще за 1,9 млрд. лет до появления первых предков растений). Благодаря выдающимся «химическим способностям» бактерии освоили еще один способ добывания энергии: они единственные существа на планете, которые научились использовать энергию химических связей неорганических соединений.

Вы уже знаете, что при химических превращениях молекулы одного вещества разрушаются и преобразуются в молекулы другого вещества. Этот процесс может сопровождаться выделением энергии. Например, горение водорода с образованием воды сопровождается выбросом энергии такой силы, что происходит взрыв.

Точно такую же реакцию для получения энергии проводят **водородные бактерии**. Конечно, никакого взрыва внутри клетки не происходит, энергия высвобождается медленно и поэтапно. Важное отличие биохимических реакций от химических состоит в том, что в живых клетках реакции протекают не сразу, а в несколько этапов.

Своеобразная группа **метанообразующих бактерий** получает энергию в процессе получения метана (это тот самый газ, который горит у нас на кухне) из углекислого газа и водорода. Учеными доказано, что запасам метана в недрах

земли мы обязаны деятельности метанообразующих бактерий, длящейся уже многие сотни миллионов лет.

Железобактерии в чехле гидрата окиси железа

Не менее интересна деятельность **железобактерий**, которые получают энергию, превращая различные соединения железа в гидрат оксида железа, или попросту — в ржавчину. Пятна ржавчины могут встречаться на болотах, в стоячих озерах и медленных ручьях — это следы жизнедеятельности железобактерий. Интересно, что в отличие от серобактерий, которые накапливают серу внутри клеток, железобактерии выделяют оксиды железа на поверхность клеток: в итоге вокруг клеток формируются своеобразные железные доспехи.

Серобактерии обеспечивают себя энергией, получая серу из сероводорода, при этом в местах постоянного выхода сероводорода (возле вулканов) образуются залежи самородной серы.

Другие серобактерии получают энергию, превращая серу в соли серной кислоты. Тем самым серобактерии оказывают огромную услугу растениям, которые могут усваивать необходимую для построения растительных белков серу только в виде растворимых в воде солей серной кислоты.

В непроглядной тьме подводных глубин, куда не попадает ни один лучик света, серобактерии обеспечивают энергией целое сообщество глубоководных организмов.

Это может показаться странным, но жизнь в необъятных океанских просторах нашей планеты сосредоточена в самых поверхностных слоях, а толща воды и дно представляют собой практически мертвую пустыню. Такое неравномерное распределение жизни в океане легко объяснимо. Растения, которые кормят все остальные организмы, могут расти только на свету, поэтому глубже 200 м вы не встретите ни одной водоросли — там для них слишком мало света. Те немногие организмы, которые все-таки выживают на глубинах, перебиваются остатками погибших растений и животных, постепенно оседающих на дно с поверхности водоемов. Сами понимаете, что на таком скудном рационе может выжить очень ограниченное число животных.

Но оказалось, что темные глубины океанов далеко не так бедны жизнью, как это представлялось раньше. В 70-х годах XX века на глубинах от 2600 до 6000 м в подводной «пустыне» были обнаружены настоящие «оазисы», где численность и биомасса живых организмов в 1000–10 000 раз превосходят обычные для таких глубин. Как образовались эти глубоководные «оазисы»?

Богатые очаги жизни на дне океанов находят вокруг действующих подводных вулка-

нов, где температура воды может достигать +40 °С (из-за страшного давления она не закипает) и где вместе с магмой из глубины Земли выбрасываются огромные количества сероводорода, метана и углекислого газа. Вот в таких, мягко говоря, неподходящих для жизни условиях обитают многочисленные жители глубоководных «оазисов».

Прежде всего бросаются в глаза заросли белых и коричневатых трубок длиной до 2,5 метра с торчащими из них ярко-красными султанами щупалец. Эти трубки строят гигантские черви вестиментиферы.

Вестиментиферы не имеют кишечника, и питанием их обеспечивают симбиотические серобактерии, живущие в особой пористой ткани, занимающей до 30% объема тела червя. Здесь серобактерии не испытывают недостатка в сероводороде и углекислом газе, которыми они питаются, и надежно защищены от резких перепадов температур. Перепады же температуры в таких местах просто фантастические: при

Вестиментифера

удалении от жерла подводного вулкана на каждые 6–8 см температура падает на 60 °С. На расстоянии метра от вулкана температура воды понижается от +400 °С до всего лишь +2 °С!

Несмотря на свои гигантские размеры и защитные трубки, вестиментиферы становятся жертвами крупных крабов, которые обкусывают их щупальца. У подножия поселения вестиментифер скапливаются креветки и крабы-мусорщики, брюхоногие моллюски, мидии и различные рыбы, подъедающие остатки трапезы крабов. Поскольку трубки червей всегда покрыты «зарослями» бактерий, на них поселяются различные мелкие животные «соскабливатели», которые питаются этими бактериями и друг другом: различные ракообразные, моллюски, многощетинковые черви и другие животные.

И жизнь всех этих многочисленных и разнообразных животных зависит от невидимых серобактерий, ведь в темных глубинах океанов только эти микроорганизмы способны создавать органические вещества, которые затем словно по цепочке передаются вестиментиферам, хищным крабам, рыбам и многочисленным животным-мусорщикам.

Может быть, на других планетах и нет жизни, но подводные «оазисы» можно вполне назвать «другой планетой». Ведь мы привыкли, что источником пищи для животных являются растения, что свет — обязательное условие жизни создателей органических веществ.

А глубоководные серобактерии подводных вулканов способны в темноте создавать органические вещества только из сероводорода, углекислого газа и воды. Чтобы снабжать энергией целое сообщество живых организмов, этим бактериям не требуется ни солнечного света, ни готовой органики.

Возможности бактерий кажутся безграничными. Они способны вырабатывать сильнейшие яды и антибиотики; могут использовать энергию света, как растения, энергию готовых органических веществ, как животные и грибы; они единственные среди всех живых организмов умеют использовать энергию неорганических соединений. Трудно найти вещество, которое бактерии не смогли бы использовать в пищу.

Выдающиеся химические способности делают бактерий вездесущими и универсальными организмами. Попробуйте придумать условия, в которых бактерии не смогли бы выжить, и вы ответите на вопрос, почему они живут уже 3,5 млрд. лет и до сих пор являются самыми многочисленными обитателями Земли.

ЛУЧШИЕ ДРУЗЬЯ

Среди **бактерий** есть не только опасные паразиты и разрушители органики: некоторые бактерии способны к мирному и даже взаимовыгодному сожительству с другими организмами!

В желудке крупного рогатого скота и других жвачных животных обитают миллионы и миллиарды бактерий. Они питаются растительной массой, которой постоянно набит желудок жвачных животных, но при этом бактерии не только не объедают своих хозяев, а наоборот, помогают им переваривать пищу. Дело в том, что клеточная стенка растений состоит из целлюлозы — очень прочного вещества, переваривать которое организм коровы или буйвола не может. Бактерии-симбионты разрушают целлюлозную стенку до молекул сахаров, которые легко усваиваются организмом животного. Конечно, бактерии помогают перевариванию клетчатки не бескорыстно — часть питательных веществ они используют сами, но без их помощи животные просто погибли бы от голода.

Здоровье человека тоже зависит от бактерий. **Кишечная палочка**, населяющая наши с вами кишечники, вырабатывает витамины группы В и витамин К. Эти витамины не синтезируются организмом человека и могут быть получены только с продуктами питания или от бактерий. Если убить все бактерии, обитающие в желудочно-кишечном тракте, как это бывает, например, при длительном лечении антибиотиками, то ответом организма станет расстройство пищеварительной системы — **дисбактериоз**.

Выгоды, которые получают животные от сожительства с бактериями, очевидны. И для

бактерий эти отношения тоже полезны. Во-первых, обитая в пищеварительном тракте животных, они постоянно находятся в стабильных благоприятных условиях. Во-вторых, животное-хозяин бесперебойно снабжает своих микроскопических помощников питательными веществами, да не просто травой и ветками, а разжеванной, размягченной, смоченной слюной пищей. В таких райских условиях симбиотические бактерии растут и плодятся как на дрожжах, поэтому даже то обстоятельство, что часть из них переваривается организмом хозяина вместе с пищей, не имеет значения по сравнению с выгодами, которые получают оставшиеся бактерии.

ДРУЗЬЯ РАСТЕНИЙ

Микробы поддерживают взаимовыгодные отношения не только с животными, но и с растениями.

Наиболее дефицитным элементом, необходимым для построения белков и нуклеиновых кислот растительных и животных клеток, является **азот**. Странно получается: с одной стороны, азот в атмосфере составляет порядка 78% (а жизненно необходимый кислород — всего 21%), с другой, его почти всегда не хватает. Дело в том, что газообразный азот, запасы которого в атмосфере действительно огромны, недоступен ни растениям, ни животным. Растения

способны усваивать азот только в виде растворимых солей аммония, нитратов и нитритов из почвы. Животные получают азот, потребляя растительные белки. Останки животных и растений, разлагаемые бактериями и грибами, обогащают почву азотистыми соединениями, откуда вновь поступают в ткани растений.

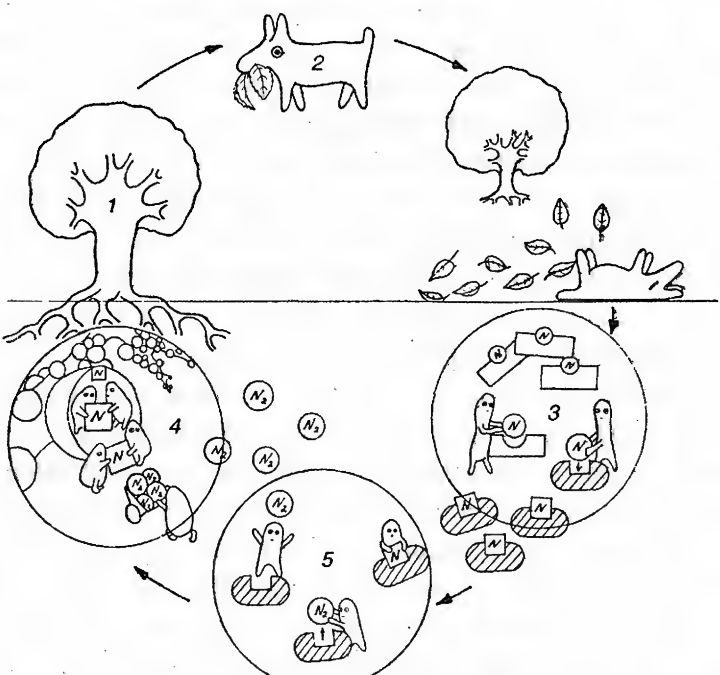
Но количество доступных для растений азотистых соединений в почве часто недостаточно из-за того, что часть их разрушается и вновь попадает в атмосферу в виде газообразного азота. Процесс разрушения азотистых соединений почвы связан с особой группой бактерий, которых называют **денитрифицирующими** (приставка «де» означает отрицание, а нитрификация — процесс связывания атмосферного азота).

С проблемой снижения плодородия почв, вызванной в первую очередь нехваткой азотистых соединений, люди впервые столкнулись на заре развития земледелия. После непродолжительного использования почва на полях, где возделывались культурные растения, истощалась, и урожай падал. Приходилось бросать пашни и переходить на новые земли. Бывшие поля зарастали дикорастущими растениями, и спустя несколько десятилетий их плодородие восстанавливалось. Со временем люди стали замечать, что чем больше **бобовых растений** встречается на брошенных землях, тем быстрее они восстанавливают свое плодородие. Еще до наступления нашей эры о полезном

влиянии бобовых на почвы писали древнегреческий философ Теофраст и римляне Катон, Варрон, Плиний и Вергилий. Французский агрохимик **Жан Буссенго** в 1838 году установил, что люцерна и клевер обогащают почву азотом, а зерновые и корнеплоды истощают.

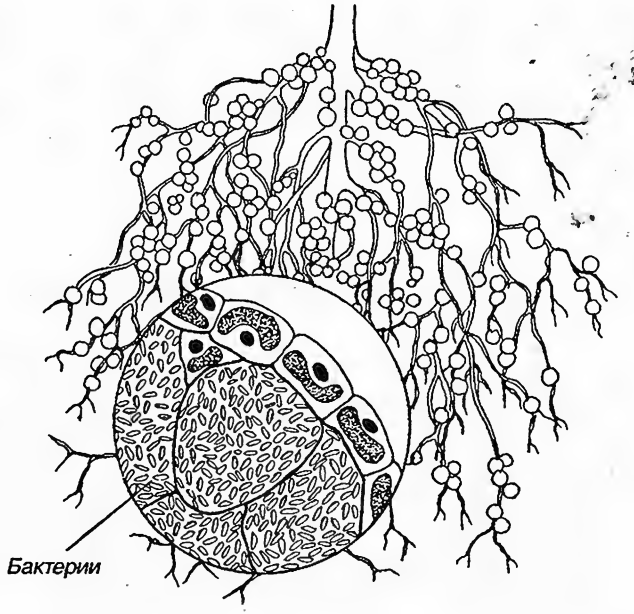
Каким же образом бобовые растения способствуют накоплению в почве азота? Попробуйте выкопать с корнями обычное растение **клевера**. Внимательно рассмотрев корни, вы заметите маленькие шарообразные вздутия, отдаленно напоминающие клубни картофеля, растущие один из другого. Секрет связи плодородия почв и бобовых растений кроется в этих клубеньках. Ткани корня бобовых разрастаются не сами по себе — образование клубеньков происходит под действием особых бактерий, живущих и размножающихся внутри них. Эти бактерии получили общее название **азотфиксирующих** за способность превращать газообразный азот в доступные для растений соединения. В данном случае мы с вами имеем дело с классическим примером симбиоза: растение получает от клубеньковых бактерий азотистые соединения, а те обеспечиваются минеральными солями и сахарами. Усваивать газообразный азот могут не только клубеньковые бактерии, но и свободноживущие почвенные бактерии **азотобактер** и **клостридиум Пастера** (названный в честь выдающегося французского микробиолога). К сожалению, у свободноживущих азотфиксаторов усвоение азота происходит

менее эффективно, чем у симбиотических клубеньковых бактерий. Это вполне объяснимо, учитывая, в каких «райских» условиях живут бактерии в клубеньках. Помимо бобовых, среди наших растений клубеньки на корнях образуют некоторые деревья: ольха и облепиха.



Круговорот азота в природе

Растения (1) потребляют азот (N) в виде нитратов, нитритов и солей аммония и строят из них свои белки. Растительные белки усваиваются животными (2). После отмирания растительных и животных организмов гнилостные бактерии (3) переводят азот из состава белков в неорганические соединения. Клубеньковые бактерии (4) и свободноживущие азотфиксаторы усваивают недоступный растениям газообразный азот (N_2) и переводят его в доступные для растений формы. 5 — денитрифицирующие бактерии.



Клубеньки на корнях бобового растения

Растения, вступившие в симбиоз с азотфиксирующими бактериями, получили большие преимущества перед другими растениями. Теперь им не страшна нехватка азотистых соединений: благодаря своим невидимым помощникам бобовые растения могут вырасти на самых бедных почвах.

Лишайники, с которыми вы познакомитесь дальше, своей невероятной выносливостью тоже во многом обязаны бактериям. Расти на голых скалах, оползнях и камнях, где совершенно нет почвы, многие из них могут только благодаря цианобактериям, которые постоянно живут внутри тела лишайника. Эти

бактерии тоже обладают способностью связывать атмосферный азот, что делает лишайники такими неприхотливыми в выборе места жительства.

НЕВИДИМЫЕ ПОМОЩНИКИ ЧЕЛОВЕКА

Среди бактерий есть немало помощников человека. С помощью **молочнокислых бактерий** получают сыр, сметану, кефир, ряженку, простоквашу, варенец, кумыс и многие другие кисломолочные продукты. **Уксуснокислые бактерии** превращают сахара и спирты в уксусную кислоту, раствор которой в быту называют уксусом.

Деятельность молочнокислых бактерий вы наверняка сами наблюдали не один раз. Стоит в теплый день оставить молоко на столе, как к вечеру оно уже приобретает кислый вкус. На следующие сутки или через день кислое молоко сворачивается, а под слоем густой простокваши скапливается жидкая сыворотка. Все эти превращения происходят из-за деятельности молочнокислых бактерий: в средних и северных широтах скисание молока вызывают **молочнокислые стрептококки**, а в более южных районах — **болгарская палочка**. И те, и другие микробы питаются молочным сахаром — лактозой, которая входит в состав молока. При этом образуется большое количество молочной

кислоты и немного уксусной, янтарной, муравьиной кислот, спирта и других веществ, придающих молочнокислым продуктам их особый вкус и аромат. Под влиянием кислот белок молока свертывается, и молоко превращается в простоквашу.

Каким образом молочнокислые бактерии попадают в молоко? Микробы содержатся в большом количестве даже в очень свежем молоке (в одном миллилитре от сотен тысяч до нескольких миллионов). Некоторое количество бактерий содержится и на вымени коровы и попадает в молоко во время дойки. Молоко, которое продается в магазинах, подвергается **пастеризации**, суть которой вы уже знаете, и не содержит бактерий. В этом случае они появляются в молоке, оседая на его поверхность из воздуха.

Нужно сказать, что в молоке содержатся отнюдь не только молочнокислые бактерии. Здесь же встречаются кишечная палочка, дрожжи, маслянокислые и разнообразные гнилостные микробы, вызывающие порчу молока. И все эти разнообразные микроорганизмы находят в молоке место жительства и питательную среду, бурно размножаются и взаимодействуют между собой.

Вот каким образом происходит взаимодействие между микробным населением, если молоко хранится при комнатной температуре. Вначале все группы бактерий развиваются независимо друг от друга, и **гнилостные микробы**

иногда могут составлять до 90% от всей массы микроорганизмов. В результате жизнедеятельности молочнокислых бактерий в молоке постепенно накапливается молочная кислота. Ее концентрация постепенно растет и приводит к гибели сначала гнилостных, а затем и всех других групп микробов, в то время как количество молочнокислых бактерий продолжает расти. Вскоре молочного сахара, которым питаются бактерии, остается так мало, а молочной кислоты накапливается так много, что это задерживает рост самих молочнокислых бактерий, и их число постепенно уменьшается. Молочная кислота — продукт жизнедеятельности молочнокислых бактерий (как мочевина у млекопитающих) в этом случае выступает в роли природного консерванта, сдерживая развитие микроорганизмов.

Молочнокислые бактерии также принимают участие в процессе силосования кормов и квашения продуктов. Вырабатываемая ими молочная кислота определяет особый вкус и сохранность квашеной капусты и огурцов. Та же молочная кислота предохраняет от порчи и силосованное сено, идущее на корм скоту в зимнее время. Известны случаи хранения силоса до семи лет без потери его питательной ценности.

Существуют бактерии, которые способны вырабатывать различные **антибиотики** — вещества, оказывающие губительное влияние на другие бактерии, в том числе на болезнетвор-

ные (подробнее об антибиотиках рассказывается на с. 139). Среди бактериальных антибиотиков широко используются тиротрицин, бацитрацин, субтилин и грамицидин.

Последнее время ученые активно исследуют способность бактерий разрушать трудно разлагаемые искусственные вещества: красители, пластмассы и другие синтетические полимеры, пестициды, нефтепродукты. Все эти вещества человечество производит в таком огромном количестве, что после использования возникает проблема их переработки и уничтожения. Естественным путем многие искусственно созданные человеком материалы практически не разрушаются или разрушаются очень медленно. Например, обычный полиэтилен полностью перерабатывается бактериями и микроскопическими грибами только через 90–100 лет. Сжигание синтетических материалов — тоже не выход, поскольку при этом в воздух выделяется большое количество вредных соединений.

Выход предлагают бактерии. К настоящему времени обнаружено несколько групп микробов, которые способны быстро и эффективно разрушать синтетические материалы. Среди них уже упоминавшиеся бактерии, разрушающие нейлон. Используя эти микроорганизмы, генетики и микробиологи пытаются искусственно вывести такие «породы» бактерий, которые бы избирательно разрушали те или иные вещества. Есть надежда, что именно с

помощью бактерий в ближайшем будущем человечеству удастся решить проблему переработки промышленных отходов и мусора.

ПОВЕДЕНИЕ БАКТЕРИЙ

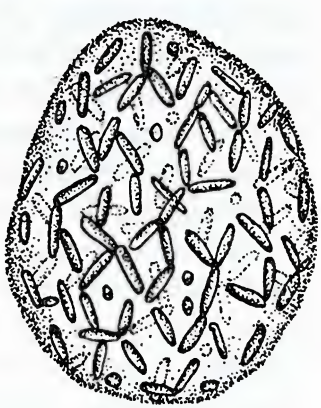
Хотя большинство бактерий состоит из одной клетки, они способны к активному передвижению и даже к простейшим формам поведения, которые носят названия **таксисов.** Таксис — это движение клетки к какому-либо раздражителю или от него. Так, у фотосинтезирующих **цианобактерий** проявляется положительный фототаксис, т.е. они движутся в сторону источника света. При этом выделяется большое количество слизи, по которой клетки цианобактерий перемещаются путем скольжения.

Кишечная палочка проявляет положительный таксис на 20 веществ (большинство из них — сахара) и отрицательный на 8 отпугивающих веществ-репеллентов. Для передвижения кишечная палочка использует многочисленные жгутики. **Спирохеты** передвигаются, ввинчиваясь в среду, подталкиваемые вперед единственным жгутиком, работающим наподобие корабельного винта.

Некоторые бактерии, обитающие в воде, способны ориентироваться в магнитном поле земного шара и постоянно плывут в одном и том же направлении. В Северном полушарии

бактерии движутся на север, следуя линиям магнитного поля, которые направлены в глубь водоема. Перенесенные в Южное полушарие, те же бактерии будут двигаться на юг, также стремясь в толщу воды. Предполагается, что направленное движение «магнитных» бактерий вдоль линий магнитного поля — магнитотаксис — способствует перемещению клеток в более богатые питательными веществами придонные слои воды.

Если цианобактерии своим внешним видом и образом жизни напоминают растения, то **диктиобактер** ближе к животным. Диктиобактер — уникальное явление в царстве бактерий — это не просто скопление клеток, а единый многоклеточный бактериальный организм, клетки которого способны к согласованному выполнению определенных действий. Второе название этого существа — хищная бактериальная сетка — отражает способ его питания. Все клетки хищной бактериальной сетки расположены в один слой, действительно напоминая пустую сеточку, покрытую слизью, которую выделяют все клетки колонии. Медленно перемещаясь по илистому дну водоема, диктиобактер «разыскивает» добычу.



Диктиобактер

Вот он встретил на своем пути какую-то живность из числа микроорганизмов, и начал наползать на свою жертву. Через некоторое время жертва оказывается внутри сетки, выбраться из которой она не может, поскольку все ячейки затянуты густым слоем слизи. Клетки, образующие эту своеобразную ловушку, сближаются и начинают выделять пищеварительный сок. Переваривание жертвы происходит внутри сеточки диктиобактера подобно тому, как переваривается пища в желудке многоклеточного животного!

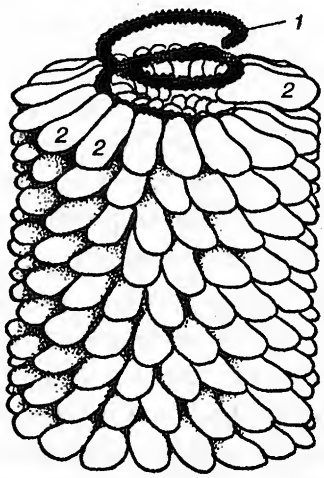
ВИРУСЫ

Вам, наверное, приходилось слышать о **вирусах** гриппа, бешенства, герпеса, СПИДа. Эти вирусы вызывают болезни человека и животных. Существуют вирусные заболевания растений, например табачная мозаика, при которой листья табака покрываются беловатыми пятнами. Даже бактерии могут поражаться вирусами-**бактериофагами** (от слова *фагос* — пожиратель).

Вирусы — удивительные творения природы. Это не только самые мелкие (их размеры сопоставимы с размерами крупных молекул!), но и самые просто устроенные существа на планете. Вы уже знаете, что мельчайшей неделимой структурной единицей живых организмов является клетка. Из клеток состоят все

живые организмы, населяющие Землю. Все, кроме вирусов.

В центре вирусной частицы находится молекула **нуклеиновой кислоты** (НК), которую со всех сторон окружают частицы белка — вот и весь вирус! Своим внешним видом и свойствами вирус больше всего напоминает белковый кристалл. Только подумайте, живое существо может осаждаться в виде кристалла, как обыкновенная поваренная соль!



Строение вирусной частицы

1 — молекула нуклеиновой кислоты; 2 — молекулы белков оболочки

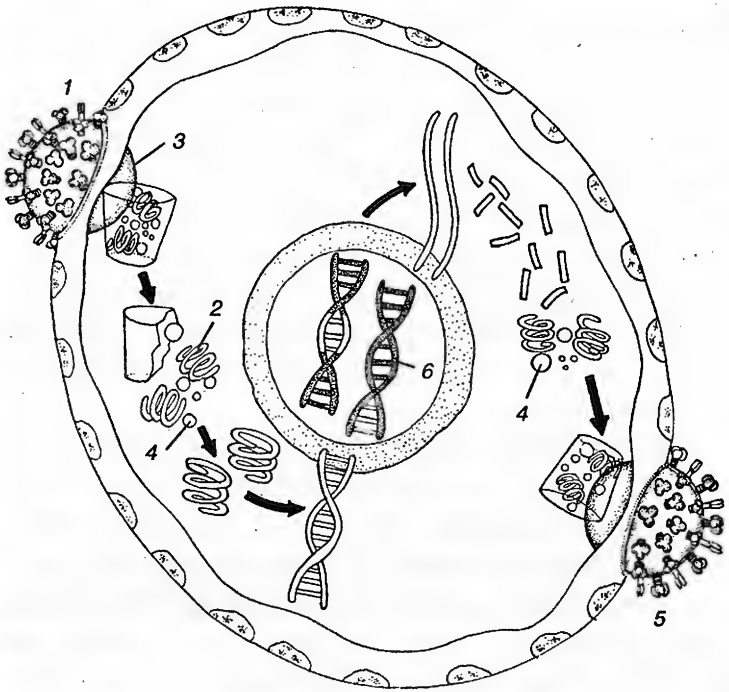
Про вирусы можно без преувеличения сказать, что они занимают промежуточное положение между миром живой и неживой природы. Вне живого организма вирус ничем не выдает присутствия жизни: не двигается, не растет, не дышит, не способен размножаться — по всем признакам это объект неживой природы, не обладающий ни одним свойством живой материи! Признаки живого проявляются у вируса, когда он проникает в живую клетку и приступает к размножению.

Причем и в клетку-то попадает не вся вирусная частица, а только «голая» вирусная нуклеиновая кислота, содержащая генетическую

программу образования копий вируса. По этой программе клетке отводится роль «сырьевого придатка» и «дешевой рабочей силы» для создания сотен новых вирусных частиц. Получив вражескую программу, клетка начинает послушно выполнять «приказания» вирусной нуклеиновой кислоты. С этого момента пораженная клетка перестает выполнять свойственные ей функции, ее работа целиком и полностью перестраивается в соответствии с нуждами вируса-захватчика. Вирусная нуклеиновая кислота размножается, используя и строительные ресурсы клетки-хозяина, и даже ее рабочие «инструменты», которых, естественно, у самого вируса нет: белки оболочек будущих вирусных частиц строятся на **рибосомах** порабощенной клетки.

После того как в зараженной клетке накопится достаточное количество деталей будущих вирусных частиц, наступает предпоследняя стадия размножения вирусов — «сборка деталей». Этот процесс обычно происходит вблизи клеточной оболочки. Растиражированные вирусные нуклеиновые кислоты одеваются в белковые оболочки и покидают клетку. Теперь вирус готов к дальнейшему путешествию: от клетки он получил все, что ему нужно.

Выход вирусных частиц из клетки обычно сопровождается ее гибелью. В одних случаях клетки словно взрываются, в других — в оболочке клетки образуется отверстие, через которое вытекает ее содержимое. В случае забо-



Цикл развития вирусной частицы

1 — прикрепление вируса к мембране клетки-хозяина; 2 — нуклеиновая кислота вируса; 3 — белковая оболочка вируса; 4 — белки вируса; 5 — готовая вирусная частица; 6 — ДНК хозяина.

левания **табачной мозаикой** у растения разрушаются хлоропласты, в результате чего часть клеток теряет способность к фотосинтезу, и урожай табака падает.

Активная жизнь вирусов продолжается от нескольких минут до многих часов. Быстрее всего расправляются с клетками вирусы, поражающие бактерии — **бактериофаги** (иногда их для краткости называют просто фагами).

От момента встречи фага с бактерией до ее гибели проходит всего 15–20 минут. При этом из одной клетки выходит до нескольких тысяч новых частиц фага, и каждая из этих частиц в свою очередь может заразить здоровую клетку и через короткое время разрушить ее, произведя на свет новое поколение невидимых убийц. Процесс размножения фагов продолжается до тех пор, пока не будут уничтожены все чувствительные (т.е. не имеющие иммунитета) к фагу бактерии.

Возбудитель **гриппа** за один цикл размножения производит около 100 новых вирусных частиц. По мере созревания они поднимаются к поверхности клетки и медленно проникают через ее оболочку, одеваясь в нее. Клетка работает на износ и, после того как ее способность производить вирусные частицы истощается, разрушается и гибнет.

В истории человечества вирусы сыграли не меньшую роль, чем болезнетворные бактерии. Грозные эпидемии вирусных заболеваний уносили жизни миллионов людей. Так, по приблизительным расчетам, в XVIII веке от **оспы** (а это заболевание вызывается именно вирусом) умерло 60 миллионов человек.

Одним из самых страшных бедствий в истории была эпидемия гриппа 1918–1919 гг., когда от **«испанки»**, как называли тогда грипп, в одной только Великобритании погибло 150 000 человек. В Индии от болезни погибло более 5 миллионов человек, а общее число

людей, убитых болезнью, превзошло количество погибших в Первой мировой войне.

Вирусу-возбудителю **желтой лихорадки** обязана своей независимостью Республика Гаити. Французская армия, посланная Наполеоном, с легкостью разбила повстанцев, но не смогла закрепить победу из-за эпидемии желтой лихорадки: из 25 000 французов выжило и вернулось на родину только 3000 человек.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕВИДИМОК

Увидеть **вирусы** удалось только в 40-х годах XX века, но об их существовании человек узнал гораздо раньше, задолго до изобретения электронного микроскопа. Еще в 1892 году молодым русским ботаником **Дмитрием Иосифовичем Ивановским** был открыт возбудитель **табачной мозаики.**

В конце XIX века табачные плантации Украины и Бессарабии поразило странное заболевание: на листьях растений стали появляться желтоватые пятна, урожайность табачных плантаций резко упала. Причину заболевания многие исследователи искали в неправильной агротехнике выращивания табака. Табаководы обвиняли в снижении урожая и солнечные лучи, и холодные ночи и туманы, а немецкий ученый Адольф Майер полагал, что причиной болезни является бактерия, но увидеть эту загадочную бактерию ему никак не удавалось.

Табак виргинский

Для того чтобы определить, заразна ли эта болезнь, Ивановский попробовал искусственно заразить здоровые растения табака. Для этого он набирал вытяжку из заболевших растений в тонкие трубочки и втыкал их в жилку здорового листа. На двадцатый день эксперимента заболели все зараженные растения. Итак, болезнь заразна... Но где же заразное начало? Сколько ни просиживал Ивановский за

микроскопом, возбудителя заболевания обнаружить не удавалось. Может быть, микробов очень мало? Но все попытки вырастить загадочные микроорганизмы на искусственных питательных средах заканчивались ничем. Тогда ученый решил использовать фарфоровый фильтр, который имеет такие маленькие поры, что через них не проходят даже бактерии. Но сок больных растений, пропущенный через тончайший фильтр, продолжал оставаться заразным, а на фарфоровых порах микробов обнаружить не удавалось.

Ивановский Д. И.

В чем же дело? Возможны были два решения. Первое — заразное начало — яд, выделяемый микроорганизмом, которого еще не удалось увидеть. Но это предположение показалось Ивановскому неправдоподобным. Ведь при переносе сока от одного растения к другому яд должен разбавляться, становиться всё менее концентрированным и, следовательно, менее опасным, но этого не происходило. Значит, должен существовать какой-то возбудитель, гораздо меньших размеров, чем все известные бактерии. В пораженных клетках Ивановский постоянно находил странные кристаллические включения. Ученый смело

связал существование этих кристаллов с заболеванием табачной мозаикой. Так был открыт мельчайший возбудитель болезни растений, а вирусы получили свое первое название — **кристаллы Ивановского.**

Эти мельчайшие болезнетворные микроорганизмы, проходящие через тончайшие фарфоровые фильтры, впоследствии были названы нидерландским ботаником **Мартином Бейеринком** «фильтрующимися вирусами»; со временем название сократилось до одного слова. Слово «вирус» в латинском языке обозначает «яд», таким образом, название, предложенное М. Бейеринком, означает «яд, проходящий через фильтр».

Через пять лет после открытия вируса табачной мозаики два немецких исследователя Лефлер и Фрош обнаружили вирус **ящура**, вызывающий тяжелое заболевание лошадей. А спустя еще 20 лет, в 1917 году, канадский ученый **Феликс Д'Эрелль** и независимо от него английский исследователь Туорт открыли новую группу вирусов, поражавших бактерии. Они были названы **бактериофагами** (или просто фагами) — пожирателями бактерий.

Постепенно были обнаружены и описаны сотни вирусов, вызывающих самые разнообразные заболевания человека и животных, растений и бактерий. К настоящему времени их известно уже более двух тысяч, и с каждым годом становятся известны все новые и новые разновидности вирусов.

«ПОЛЕЗНЫЕ» ВИРУСЫ

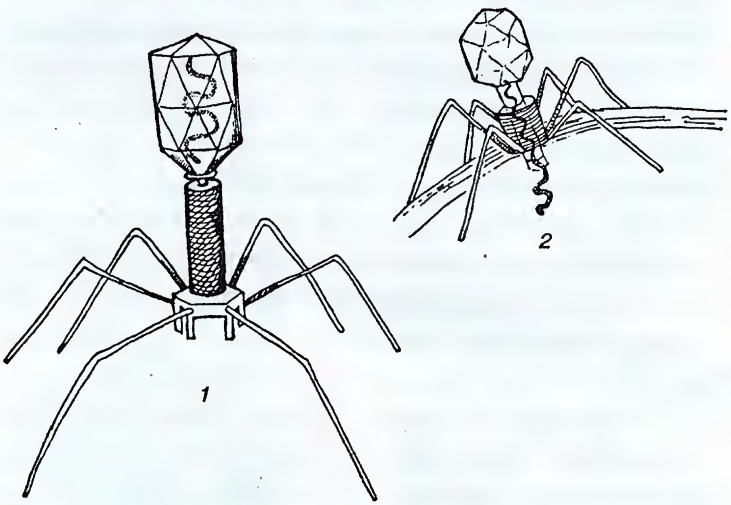
Не нужно думать, что **вирусы** доставляют человеку одни неприятности. С помощью вирусов были получены многие сорта цветов, чья пестрая окраска — результат вирусной инфекции, передающейся от поколения к поколению. Пестролепестность тюльпанов вызывает вирус, переносимый тлями. Пестрые тюльпаны можно видеть на картинах Рембрандта и в старых ботанических альбомах. По сути, эти живописные свидетельства являются первыми указаниями на существование вирусных болезней растений, хотя, конечно, в середине XVII века никто и не подозревал о существовании вирусов. В то время пестролистные тюльпаны ценились очень высоко — невеста почитала себя счастливой, если в ее приданом был больной цветок «пестрого» тюльпана.

Недавно было установлено, что растение джут (источник грубых волокон для канатов и мешков) растет лучше и дает больший урожай, когда поражен вирусным заболеванием — **некротической мозаикой риса.**

Джут

В некоторых странах вирусы, паразитирующие на насекомых, с успехом используются в биологической борьбе против сельскохозяйственных вредителей. Для этого приготавливают водную суспензию вируса с добавлением клейкого вещества, чтобы вирусные частицы лучше прилипали к растениям, и разбрызгивают ее на поврежденные насаждения. Вредители, поедая зараженные вирусом растения, быстро погибают.

Мы уже знаем, как быстро и безжалостно **бактериофаги** расправляются со своими жертвами. Смертоносные палочки чумы, холеры и дифтерии буквально тают на глазах после встречи с ними. Чтобы расправиться с бакте-



Бактериофаги

1 — общий вид вирусной частицы; 2 — «впрыскивание» ДНК в клетку бактерии

рией, бактериофагу требуется всего 15–20 минут. А теперь представьте себе ликование **Ф. Д'Эрелля** — ученого, открывшего чудесное свойство бактериофагов, — найдено средство для борьбы с бактериями, болезни будут побеждены!

После успешных опытов на животных он решил испытать целебные свойства бактериофагов на людях. В Индии в то время началась эпидемия холеры, и Д'Эрелль отправился туда в надежде применить свое открытие. Изучая источники, он заметил, что в селах, где колодезная вода содержала бактериофаги, люди не болели холерой. Тогда по его распоряжению в колодцы стали вливать по небольшой колбочке взвеси бактериофагов. Болезнь отступила.

После этого фагов стали применять для лечения многих других инфекционных заболеваний, но, к сожалению, результаты не всегда оправдывали ожидания. В организме человека фаги нападали на бактерии далеко не так активно, как в пробирке. Кроме того, бактерии очень быстро становились нечувствительными к действию фагов. Вскоре фагов перестали использовать для лечения, но зато они проявили свои другие не менее полезные свойства.

Сегодня бактериофаги в основном используются в диагностике заболеваний. В основу этого метода легло свойство фагов каждого вида избирательно разрушать только «свои» бактерии. Выделенные из организма больного бактерии выращивают на питательной среде,

после чего колонии заражают различными фагами (холерными, дизентерийными, тифозными и т. д.). Через сутки колонии просматривают на свет и определяют, какой фаг вызвал разрушение бактерий. Если такое действие оказал дизентерийный фаг, значит из организма больного выделили бактерии дизентерии, если брюшнотифозный — бактерии брюшного тифа и т. д. Метод диагностики заболеваний с помощью бактериофагов отличается высокой точностью.

ТАЙНЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ

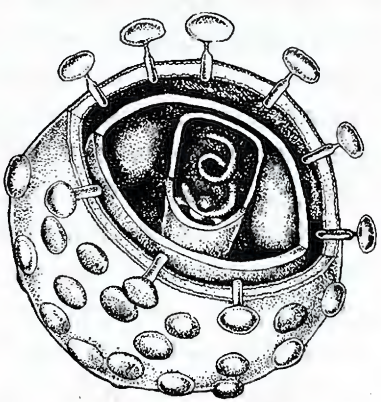
Примитивность строения **вирусов** дает нам повод предположить, что именно они были первыми живыми существами на нашей планете. Даже само обстоятельство, что вирусы представляют собой нечто промежуточное между живой и неживой материей, казалось бы, напоминает о том периоде истории Земли, когда первые живые молекулы возникали из недр неживой природы... Кажется естественным предположить, что неклеточная форма жизни, которую нам демонстрируют вирусы, возникла раньше самых первых клеток.

Однако такое предположение выглядит правдоподобным только на первый взгляд. Дело в том, что вне живых клеток ни один вирус размножаться не может. Значит, вирусы не могли появиться раньше, чем первые клеточ-

ные организмы. Получается, что относительно более сложно устроенные бактерии возникли раньше, чем простые вирусы. То, что вирусы состоят всего из нескольких молекул, еще не говорит об их примитивности. Просто — не значит примитивно.

Вообще говоря, слово примитивный происходит от латинского «primus» — первый и означает древний, свойственный предкам. Мы привыкли считать, что эволюция всегда идет по пути усложнения, и, соответственно, чем проще устроен организм, тем он древнее, примитивнее. Но ведь эволюция может идти и путем упрощения, чаще всего такое явление наблюдается как раз у паразитов.

Да и вирусы совсем не так просты, как это кажется. Вспомним, что основной составной частью любого вируса является молекула **нуклеиновой кислоты** (НК), которая хранит информацию о строении и свойствах вирусной частицы. Внутри клетки вирус (напомним, что в клетку проникает только «голая» молекула нуклеиновой кислоты) годами может жить в ее ядре, встроившись в молекулу ДНК хозяина. **Вирус СПИДа** может находиться в



Вирус СПИДа (ВИЧ)

таком состоянии до 20 лет. Другие вирусы, длительное время живущие внутри клетки, способны то встраиваться в хозяйскую ДНК, то снова выходить из нее. Удивительно то, что вирус точно «знает», в какой именно отрезок хозяйской ДНК ему нужно встроиться. Возникает ощущение, что вирус хорошо «знаком» с внутренним устройством ДНК своего хозяина... Более того, некоторые вирусы, например возбудитель оспы, удивительно похожи на определенные участки молекулы ДНК своих хозяев.

На основании этих фактов ученые предположили, что небольшие участки ДНК хозяина иногда могли отделяться от остальной молекулы и переходить к самостоятельному существованию. «Сбежавшие» участки нуклеиновой кислоты могли просто жить внутри клетки, а могли и «научиться» производить копии себя и, защитившись белковой оболочкой, в один прекрасный момент бежать из клетки.

Эта гипотеза кажется фантастической, но сейчас существуют достаточные основания предполагать, что именно так и появились в свое время вирусы. Бактериофаги, по-видимому, произошли от участков ДНК бактерий, вирус СПИДа — от «обрывков» ДНК человека или его общих с приматами предков, а **вирус бешенства**, опасный и для кроликов, и для собак, и для людей, по всей видимости, возник еще у какого-то общего предка всех млекопитающих.

Когда именно на Земле появились вирусы, сказать невозможно. Скорее всего, они возни-

кали несколько раз и продолжают появляться и сейчас. Сбежавшие кусочки ДНК растений, бактерий и животных превратились в отдельные паразитические организмы, которые ради поддержания собственной жизни нещадно эксплуатируют клетки, когда-то давшие им жизнь.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ, ЧТО...

♦ Приспособленность бактерий к экстремальным условиям поистине безгранична. Есть микробы, выживающие в сильных ядах, например в солях синильной кислоты. Встречаются и такие, которые могут жить в недрах атомного реактора. Эти экстремалы переносят радиацию, в 2000 раз превышающую смертельную для человека.

♦ В течение большей части XX века биологи считали, что глубже 1,5 метра от поверхности земли или дна океана жизни нет. Однако последние открытия существенно расширили пределы существования микроорганизмов: температура +113 °С, глубина 3,5 км в глубь земной коры на суше и 750 м в глубь от дна океана.

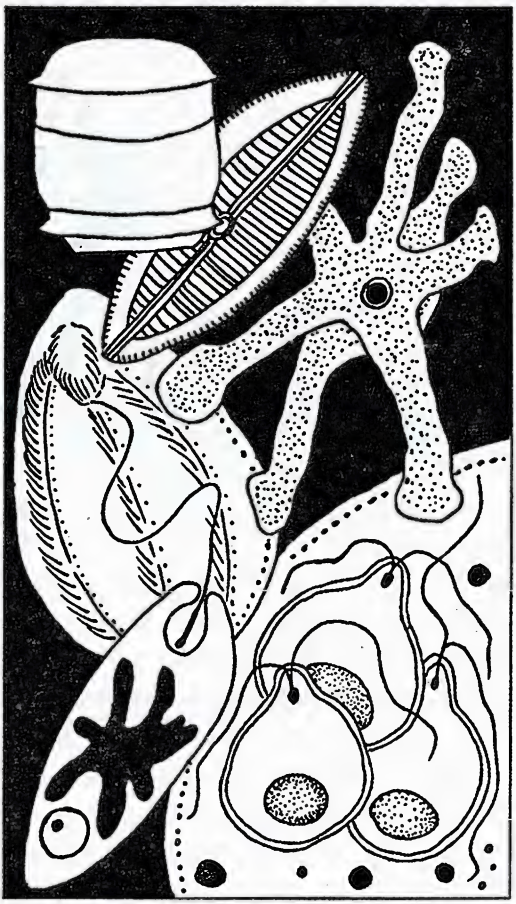
♦ Бактерии превосходно чувствуют себя даже в керосине, питаясь веществами, входящими в его состав. Для предохранения керосина ученые синтезировали специальные органические вещества, подавляющие рост бактерий и помогающих сохранить керосин стерильным.

◆ Криворожское месторождение железняка и железорудные отложения в районе Великих озер в США известны на весь мир. А ведь эти отложения — результат деятельности древних железобактерий. Оболочки погибших железобактерий, состоящие из нерастворимого гидрата окиси железа, скапливались в течение многих тысяч лет, постепенно превращаясь в железняк. Основные массы железных руд образовались на Земле около 2 миллиардов лет назад, когда бактерии были единственной формой жизни на планете, а железобактерии процветали.

◆ Ни одно животное не может переваривать пчелиный воск, кроме африканской птички — медоуказчика. Секрет медоуказчика заключается в том, что в кишечнике этой птицы обитают специальные бактерии, способные питаться воском, — они-то и помогают ей переваривать пищу.

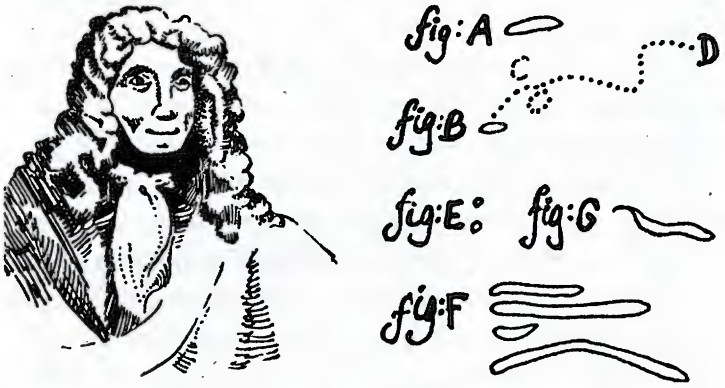
◆ Найдены бактерии, способные поглощать радиоактивные ионы плутония и урана. Эти чудесные микробы собираются использовать для переработки отработанного ядерного топлива в ядерных реакторах. Их можно также использовать для разделения смеси урана (U) и плутония (Pu), поскольку в кислой среде они поглощают только плутоний. 1 грамм бактерий способен поглотить до 0,3 г плутония.

ПРОСТЕЙШИЕ



ОТКРЫТИЕ НОВОГО МИРА

Голландский мануфактурщик **Антони ван Левенгук** имел одно странное увлечение. Всё свободное от работы время он посвящал обтачиванию и шлифовке стекол. Он где-то слышал, что если тщательно отшлифовать линзу



Левенгук и его рисунок

из чистого стекла, через нее можно увидеть вещи сильно увеличенными. В полном одиночестве, без помощников и учителей за двадцать лет терпеливой и многотрудной работы Левенгук научился делать самые лучшие и точные линзы во всей Голландии, да что в Голландии — во всей Европе! Но на этом он не остановился. Комбинируя разные линзы в окуляре своего самодельного микроскопа, он пытался добиться наибольшего увеличения и самого резкого изображения.

Мечта Левенгука сбылась. Через свои волшебные линзы он мог рассматривать всё, что попадалось ему под руку: мышечные волокна кита, чешуйки собственной кожи, волоски животных, мушиные головы, ножки блох, семена растений. Но однажды ему пришла в голову мысль навести окуляр своего микроскопа на капельку чистой воды. Странная идея... Скажите, ну что можно увидеть в прозрачной капле воды?

Возможно, Левенгуком двигало простое любопытство или он решил проверить, так ли чиста вода под микроскопом, какой она кажется невооруженным глазом, но так или иначе, наведя окуляр микроскопа на каплю воды, Левенгук сделал, может быть, самое чудесное открытие за всю историю биологии!

Представьте себе, как поражен был Левенгук, увидев, что прозрачная дождевая вода кишит крошечными организмами, такими мелкими, что в одной капле их можно было насчитать десятки и даже сотни. Левенгуку посчастливилось первому увидеть то, что до него не видел ни один человек на земле. Он открыл невидимый мир микроорганизмов, о котором до него никто даже не подозревал.

Что же увидел Левенгук? Опираясь на описания и рисунки, которые он оставил, на этот вопрос можно ответить довольно точно. В капле воды Левенгук увидел **простейших** — мелкие одноклеточные организмы, о которых и пойдет рассказ в этой главе.

РАЗРЕШИТЕ ПОЗНАКОМИТЬСЯ...

Многие простейшие имеют микроскопические размеры — от пяти сотых до одной десятой миллиметра, — ведь большинство из них состоит всего из одной клетки. Но встречаются и настоящие великаны: **инфузория спиростомум** может вырасти длиной до 2 мм и вполне видна невооруженным глазом. Самый крупный вид **амёбы** из наших водоемов достигает 1 мм в диаметре, а колония зеленых жгутиковых простейших **вольвокс** — размера булавочной головки. **Грегарины**, паразитирующие в кишечнике и половой системе беспозвоночных животных, могут вырастать до 16 миллиметров в длину. Еще крупнее раковины ископаемых вымерших раковинных амёб **нуммулитов** — до 3 см в диаметре!

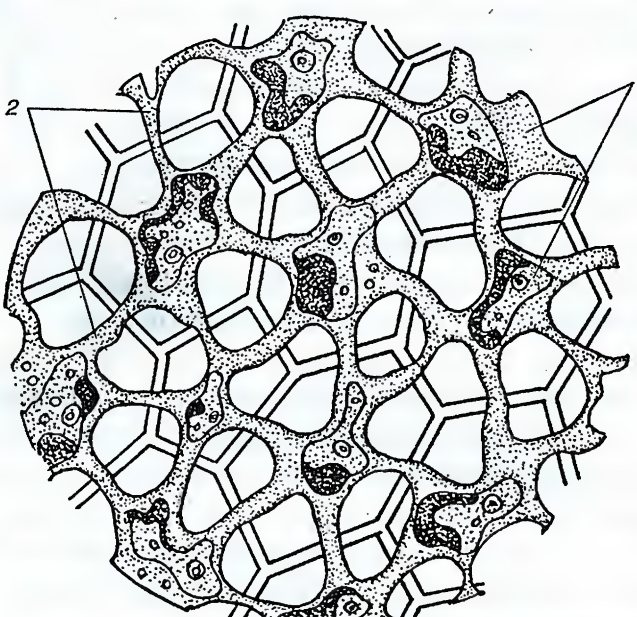
Грегарина

Правда, такие гиганты в мире простейших — скорее исключение, чем правило. Большинство из них рассмотреть невооруженным глазом практически невозможно, и всё-таки я уверена, что большинство из вас неоднократно видели простейших и не на картинке, а своими собственными глазами.

Вам никогда не приходилось видеть летом пруд с зеленой водой? Про такой водоем говорят, что он «зацвел». На самом деле зеленую

окраску воде придают простейшие, обладающие способностью к фотосинтезу. Если бы можно было надеть на глаза увеличивающие очки, то в зеленой прудовой воде мы бы увидели стремительно проносящиеся мимо клетки **хламидомонад** и **эвглен** и степенно плывущие многоклеточные шары **вольвокса**.

Впрочем, колонию вольвокса можно увидеть и без всяких приспособлений, это студенистый зеленоватый шарик диаметром 2–3 мм. Внутри такого шарика может находиться до 2 тысяч отдельных клеток, которые своим стро-



Участок колонии вольвокса (сильно увел.)

1 — отдельные клетки; 2 — цитоплазматические мостики между клетками

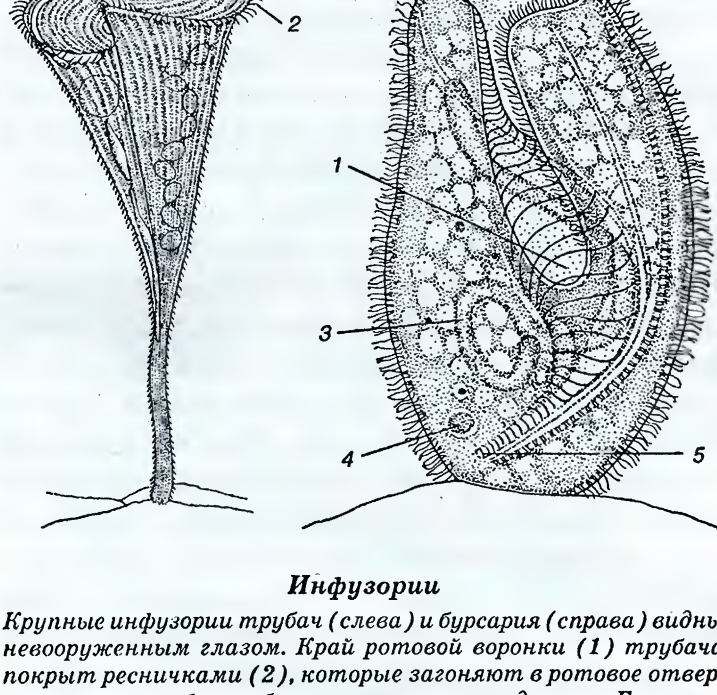
ением и формой до того напоминают отдельно живущих одноклеточных хламидомонад, что ученые считают хламидомонаду и вольвокс ближайшими родственниками. Каждая клетка в колонии вольвокса связана с другими тоненькими цитоплазматическими мостиками. Такая тесная связь позволяет всем клеткам колонии действовать согласованно. Жгутики всех клеток бьют в унисон, в результате чего колония может плыть в одном направлении, например к источнику света.

Для того чтобы познакомиться с простейшими поближе, больших усилий не требуется. Достаточно взять пробу воды из пруда, канавы или просто из лужи. Брать пробу нужно чистой баночкой у самого берега водоема, где простейшие более многочисленны и разнообразны. Наполнив баночку водой наполовину, следует положить туда опавшей перегнившей листвы, ряски и обязательно немного ила со дна. Гниющими остатками растений питаются многие простейшие, а некоторых в придонный слой привлекает не детрит*, а бактерии, которые в большом количестве размножаются на мертвой органике. Большие любители полакомиться бактериями — известные каждому школьнику **инфузории-туфельки**, названные так за форму клетки, действительно напоминающей туфельку.

---

* Мелкие разлагающиеся остатки животных, растений или грибов вместе с содержащимися в них бактериями.

После того как вода в баночках немного отстоится, можно прямо на месте провести первичный анализ проб. Для этого баночки просматривают на свет с помощью обычной лупы. Даже таким образом удается отличить многих простейших, особенно крупных **инфузорий**: темных похожих на фунтик из-под семечек **трубачей**, червеобразных **спиростомумов** и бо-



Инфузории

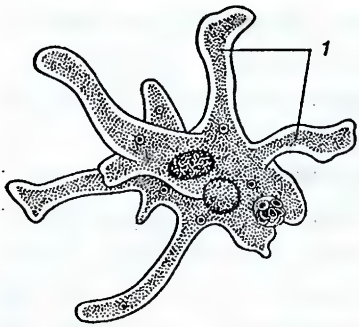
Крупные инфузории трубач (слева) и бурсария (справа) видны невооруженным глазом. Край ротовой воронки (1) трубача покрыт ресничками (2), которые загоняют в ротовое отверстие пищу трубача – бактерии и мелкие водоросли. Бурсария прозрачна, поэтому внутри клетки хорошо видно лентовидное ядро (3) и темные пищевые вакуоли (4), в которых происходит переваривание пищи. Бурсария — хищница, и питается другими инфузориями и жгутиконосцами, которых загоняет в ротовое отверстие (5) движением ресничек.

чонкообразных **бурсарий**. И даже сравнительно мелкие организмы, например инфузории-туфельки, видны как белые черточки, быстро снующие в различных направлениях.

Если в баночке вы заметили 5–6 инфузорий любого вида, то можно сказать, что это место очень удачно для сбора простейших. Если вы не обнаружили микроорганизмов — не стоит расстраиваться — возьмите еще воды из разных мест, простейшие не всегда попадают в пробу с первого раза.

Для того чтобы ближе познакомиться с простейшими, можно попытаться подержать их в неволе. Это совсем несложно. Баночку с отобранными пробами нужно поставить на окно и добавить в воду 5–10 капель некипяченого молока. Простейшие — неприхотливые организмы, и особенного температурного режима для их содержания не требуется. А молоко стимулирует размножение бактерий, которыми многие из них питаются, кроме того, некоторые простейшие и сами очень даже не прочь разнообразить свое меню молочными продуктами.

Чтобы лучше рассмотреть простейших, в часовое стекло пипеткой набирают жидкость (1–2 мл) из верхней части банки, у освещенных стенок и со дна и внимательно просматривают пробу с помощью лупы. Подвижные инфузории хорошо заметны под увеличительным стеклом, гораздо сложнее заметить **амёбу**. Больше всего амёба напоминает маленький полупрозрачный сероватый комочек, который



Фагоцитирующая амёба.
1 — ложноножки

медленно передвигается по дну сосуда, постоянно меняя свою форму.

Если рассмотреть каплю взятой вами воды под микроскопом, вы увидите огромное множество разнообразных простейших: покрытую ресничками **инфузорию-туфельку**, ее врага — хищную инфузорию **бурсарию, эвглену зелёную**, которую легко отличить по красному глазку, зеленой окраске и единственному жгутику. (Чтобы поймать эвглену, пробу лучше брать ближе к поверхности воды на хорошо освещенных участках водоема. Как вы думаете, почему?)

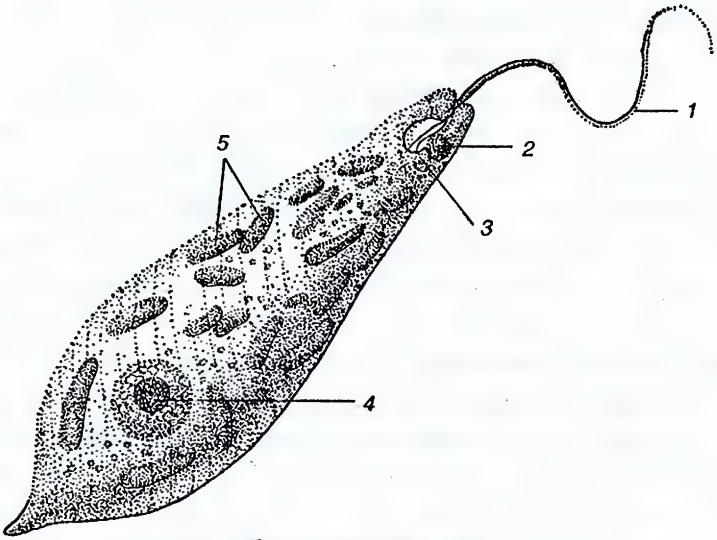
Внешний вид простейших поражает своим разнообразием. Одни стремительно движутся в воде с помощью многочисленных ресничек или длинных жгутиков, другие неподвижно сидят на одном месте. Некоторые окрашены в яркий зеленый цвет, в то время как другие едва заметны на фоне мутной воды. Большинство состоят из одной клетки, но есть среди простейших и такие, которые ведут «общественный» образ жизни, образуя многоклеточные колонии. На первый взгляд все эти существа так сильно отличаются друг от друга, что совершенно непонятно, почему ученые объеди-

няют их в одну отдельную систематическую группу — царство простейших.

Особенно сильно бросается в глаза отличие зеленых, способных к фотосинтезу «растительноподобных» простейших (эвглена зелёная, хламидомонада, вольвокс) от «животноподобных» амёб и инфузорий, которые питаются, активно захватывая добычу. Так почему бы не относить «растительноподобных» простейших к царству растений, а «животноподобных» — к царству животных? На этот непростой вопрос мы попытаемся ответить в следующем рассказе.

РАСТЕНИЯ ИЛИ ЖИВОТНЫЕ?

На первый взгляд **эвглена зелёная** — это настоящее **растение**, только одноклеточное. А как же иначе, если она содержит **хлорофилл** и, соответственно, способна к фотосинтезу? Но мы не будем торопиться с выводами. Давайте вспомним, какие признаки помимо способности к образованию органических веществ из неорганических, характерны для представителей растительного царства. Первое, растения не способны активно перемещать свое тело в пространстве. Двигаться-то они могут: клевер и кислица складывают листочки перед дождем, корзинка подсолнечника поворачивается вслед за солнцем, все растения могут поворачивать листья к свету. Но движение — это еще не передвижение.



Эвглена зеленая

1 — жгутик; 2 — светочувствительный глазок; 3 — сократительная вакуоль, удаляющая из клетки излишек воды; 4 — ядро; 5 — хроматофоры (так у простейших называются хлоропласты)

Второе, клетка всех без исключения растений покрыта снаружи жестким «скафандром» из вещества, которое называется **целлюлозой**, или клетчаткой. Целлюлозная оболочка придает клеткам растений жесткость и прочность, образуя подобие наружного скелета.

И, наконец, третье, растительная клетка откладывает запасные вещества в виде **крахмала**.

Теперь, вспомнив все основные признаки растений, попробуем приложить их к нашему «растительноподобному» простейшему.

Во-первых, клетка эвглены способна активно перемещаться по направлению к свету с помощью длинного жгутика. Ориентировать-

ся на свет простейшему помогает светочувствительный глазок — стигма. Если культуру эвглены поместить вблизи окна, через которое падают солнечные лучи, то в воде образуется хорошо заметное зеленое скопление клеток, движущееся по мере изменения освещенности всегда в сторону самого светлого участка. Активное передвижение в пространстве совершенно несвойственно растениям, а наоборот, больше сближает эвглену с животными.

Во-вторых, в отличие от клеток растений у эвглены отсутствует жесткая клеточная стенка, построенная из целлюлозы, поэтому ее «тело» может легко изменять свою форму.

И наконец, в клетках эвгленовых вы никогда не найдете свойственный всем растениям крахмал, эвглены запасают сахара в форме особого вещества — **парамилона**, не обнаруженного больше ни у одной группы живых организмов.

Получается, что, если приглядеться к эвглене повнимательнее, единственное, что сближает ее с растениями, это наличие хлорофилла. Но среди 900 видов эвгленовых встречаются и такие, у которых хлорофилла нет! Эти **бесхлорофилльные эвглены** питаются готовыми органическими веществами, как настоящие животные. Да и зеленые, способные к фотосинтезу виды эвглен могут в зависимости от условий переходить к животному типу питания. Если выращенных на свету зеленых эвглен поместить в темный шкаф и подкармливать питательным бульоном, содержащим все необходимые

для роста и развития вещества (сахара, белки, витамины), они не только выживут, но и будут активно делиться, правда, при этом, по понятной причине, потеряют зеленую окраску.

Давайте подытожим результаты нашего сравнения. С одной стороны, эвглена способна к фотосинтезу, как обычное растение, с другой — она может легко переключаться на животный тип питания готовыми органическими веществами. Активное передвижение с помощью жгутика и отсутствие клеточной стенки также сближает эвглену с животными. Так что же такое эвглена — растение или животное? Ни то, ни другое. Так же как и многие другие простейшие, эвглена сочетает в себе признаки и растений, и животных, поэтому в нашей системе живой природы мы поместили простейших посередине между животными и растениями (см. схему на с. 7).

Промежуточное положение **простейших** в системе живых организмов заставляет выделять их в отдельное царство, но еще совсем недавно зоологи и ботаники «сражались» за право изучать простейших под знаменами своих наук. В этом споре ботаникам отходили фотосинтезирующие простейшие, а зоологам — «животноподобные» — простейшие-паразиты растений и животных, потребители мертвой органики — сапрофаги* и хищники. Но право

---

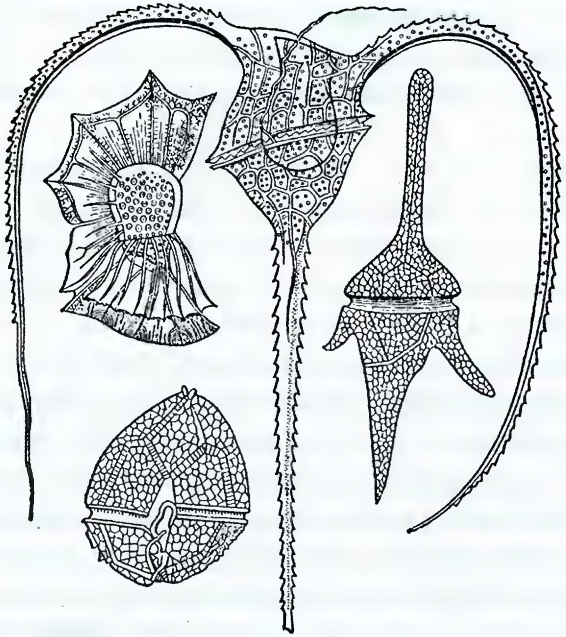
*Сапрофаг — организм, использующий в пищу мертвые остатки животных и растений.

изучать эвглену зелёную оспаривалось как ботаниками, так и зоологами, и она была далеко не единственным камнем преткновения ученых.

Царство простейших отнюдь не сразу стало царством — началось всё с маленького «княжества» — типа простейшие в царстве животных. Потом тип вырос до целого подцарства, и, наконец, обрел «независимость». Не успев образоваться, новое царство тут же «захватило» пограничные территории других царств: к простейшим отошли не только одноклеточные животные, но и многоклеточные губки, все одноклеточные грибы, фактически к простейшим надо относить и все водоросли, не только одноклеточные. Однако мы в этой книге пока последуем традиции и будем говорить о водорослях как о «нормальных» растениях.

Среди таких «спорных» организмов оказались морские простейшие — **динофлагелляты**, или **панцирные жгутиконосцы**. Панцирные — потому что снаружи клетки динофлагеллят, словно доспехами, покрыты целлюлозными пластинками, делающими их похожими на миниатюрные пуговицы. В желобках между пластинками лежат два жгутика, биение которых заставляет клетку, двигаясь, вертеться как волчок.

Динофлагелляты содержат хлорофилл и, следовательно, самостоятельно синтезируют питательные вещества, но при случае могут поглощать частицы детрита, а некоторые

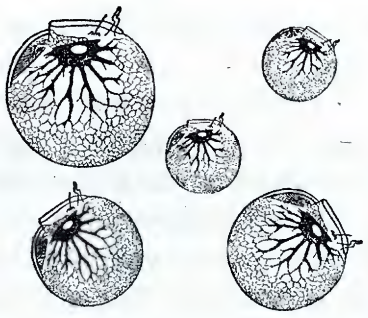


Панцирные жгутиконосцы (динофлагелляты). Снаружи клетку динофлагеллят покрывают целлюлозные пластинки

виды динофлагеллят способны даже заглатывать другие клетки.

Летом на Черном море можно встретить удивительного представителя динофлагеллят — **ночесветку**. При раздражении она вспыхивает призрачным фосфорическим светом. Днем это явление не заметно, зато в темноте ночесветки смотрятся фантастически. Их свечение могут вызвать удары весел о воду и просто падающие с весел капли воды, работа винта моторной лодки или корабля, плывущий человек — любое движение в воде.

Свечение ночесветки вызвано окислением жировых включений в цитоплазме клетки. В процессе окисления всегда выделяется энергия, либо тепловая, как при горении или дыхании, либо световая, как в случае с ночесветкой.



Ночесветка

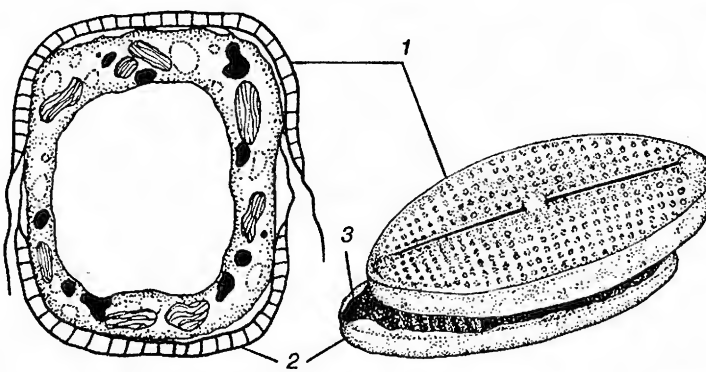
Некоторые виды динофлагеллят образуют сильные яды. Миллиарды этих простейших вызывают «цветение» воды, которая приобретает красный оттенок, из-за чего это явление получило название **«красных приливов»**. Красный цвет динофлагеллятам придают красно-оранжевые пигменты **каротиноиды** (те самые, что окрашивают морковку и осенние листья), маскирующие зеленый цвет хлорофилла.

В 1974 году побережье Флориды было опустошено «красным приливом»: мертвая рыба покрывала пляжи, туристические фирмы терпели многомиллионные убытки. Рыбы отравились, наевшись ядовитых динофлагеллят. А вот мидии и другие моллюски могут поглощать эту опасную пищу без всякого для себя вреда, однако человек, отведавший деликатесных моллюсков, питавшихся ядовитыми простейшими, может серьезно пострадать. Причины внезапного возникновения «красных приливов» изучены еще не до конца.

ДВЕ ПОЛОВИНКИ ДИАТОМЕИ

Одноклеточные **диатомеи** отличаются от других простейших отсутствием жгутиков и ресничек и уникальными по красоте и изяществу кремниевыми панцирями. Вещество, из которого состоит панцирь диатомей, по составу похоже на полудрагоценный камень опал. Тонкий рисунок панцирей традиционно используется для проверки качества оптических приборов и также позволяет определить видовую принадлежность диатомей, так как у каждого вида рисунок свой, особый.

«Опаловый» панцирь состоит их двух половинок, надевающихся друг на друга, как крышка на коробку. При делении диатомеи обе половинки панциря отодвигаются друг от



Строение панциря диатомеи

Панцирь диатомей состоит из двух половинок: большей — «крышечки» (1) и меньшей — «коробочки» (2). Через щель между створками панциря (3) выделяется вещество, с помощью которого диатомея может медленно передвигаться по дну водоема

друга, так что каждая их двух образовавшихся клеток наследует половину панциря. При этом одной дочерней клетке достается донце, а другой крышка. Каждая клетка достраивает недостающую половину, причем у обеих дочерних клеток она будет меньшей: диатомеи всегда достраивают только донце, а крышечка передается по наследству.

Представьте себе ряд последовательных делений клетки диатомеи — получится, что часть дочерних клеток всегда будут равны материнской, а другие будут уменьшаться в размерах с каждым новым делением. В результате деления пополам часть клеток неизбежно мельчает и, по идее, должна быстро уменьшиться до невидимого состояния. Но этого не происходит, потому что помимо вегетативного размножения делением пополам у диатомей существует еще половое размножение, в процессе которого размеры измельчавших диатомей восстанавливаются до нормальных.

После гибели клеток панцири диатомей оседают на дне морей и озер, и постепенно в течение миллионов лет накапливаются в виде мелкозернистого рыхлого порошка — диатомита. Такой «диатомовый ил» содержит очень много (до 90%) кремния. После очистки этот «ил» можно использовать как превосходный фильтрующий материал (для отбеливания сахара или осветления пива), как наполнитель при изготовлении красок или бумаги и как изоляционный строительный материал, который

благодаря своей пористости сглаживает резкие перепады температуры. Диатомит используется также как материал для тонкой полировки. Подсчитано, что в 1 $см^3$ диатомового ила содержится около 4,6 млн. панцирей диатомей. В нефтяном бассейне Санта-Мария (Калифорния) подземные отложения диатомового ила достигают мощности 900 м. Ученые определили возраст этих отложений и рассчитали, что наиболее мощные отложения остатков диатомей образовались около 100 млн. лет назад в меловом периоде.

Несмотря на отсутствие жгутиков и ресничек, многие виды диатомей подвижны. Через шов между створками панциря простейшие выделяют вещество, которое набухает в воде, образуя скрученные нити, способные растягиваться и сжиматься, как резинка. Нити прилипают к любой поверхности и затем сокращаются, подтягивая диатомею вперед. Таким образом простейшее, хотя и очень медленно, перемещается, оставляя за собой след выделяемого вещества, напоминая этим улитку, которая ползет, оставляя за собой слизь.

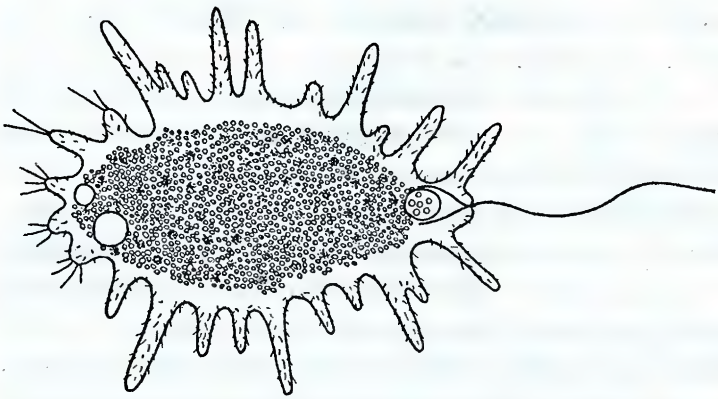
Диатомеи содержат **хлорофилл** и, следовательно, способны сами получать органические вещества, но если окружающая среда богата готовыми органическими соединениями, они легко переходят на животный тип питания. Как и другие способные к **фотосинтезу** простейшие, диатомеи лучше всего растут и размножаются, если их подкармливать животной пищей.

НАШИ ОБЩИЕ ПРЕДКИ

На нашей планете было время, когда ни животных, ни растений еще не существовало в природе. Первобытные моря и океаны населяли **бактерии** и одноклеточные **ядерные организмы**, похожие на современных **простейших**. Некоторые из них чем-то больше напоминали растения, другие — животных, третьи — грибы. Были среди них и такие клетки, которые «пробовали» объединяться в колонии, чем-то напоминающие колонии современного вольвокса. Это было время великих экспериментов природы: первые ядерные организмы испытывали разные способы питания, колониальные простейшие делали первые шаги к «изобретению» многоклеточности, впереди было возникновение сложно устроенных многоклеточных растений, животных и грибов.

Первые ядерные организмы, появившиеся на планете, дали начало трем царствам живых организмов: **растениям, животным и грибам.** Мы не знаем, как выглядели эти далекие общие предки, но можем представить, какими они могли быть, глядя на современных простейших. Почему именно на простейших? Да потому, что только среди них мы находим организмы, сочетающие в себе признаки и растений, и животных, и грибов.

О том, что какие-то древние организмы, похожие на простейших, могли быть предками растений, грибов и животных, говорит уже одно



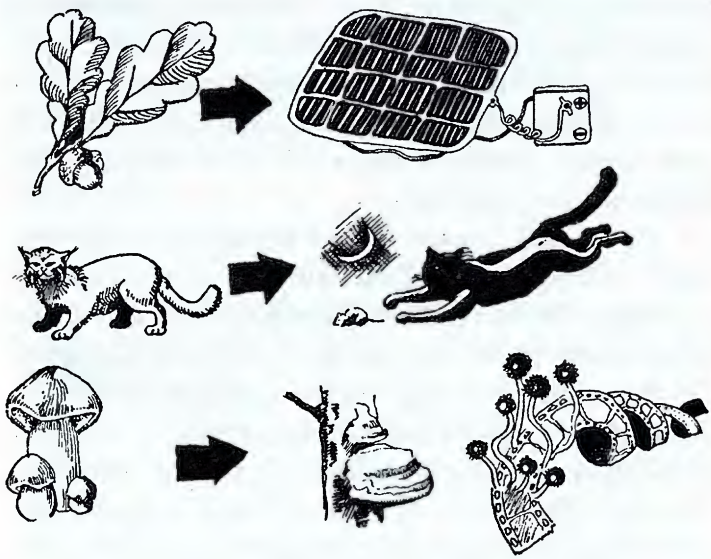
Это примитивное простейшее совмещает признаки жгутиконосцев и амёб

разнообразие их способов питания. **Динофлагелляты** фотосинтезируют, как растения, и заглатывают твердые органические частицы, как настоящие животные. **Эвглены, диатомеи** и **хламидомонады** при случае легко переключаются от фотосинтеза к поглощению пищи путем всасывания, характерному для грибов. При этом простые органические вещества всасываются клеткой прямо через мембрану. Даже «животноподобные» **инфузории** могут использовать «грибной» всасывающий тип питания.

Согласитесь, что такое разнообразие способов питания делает простейших довольно универсальными организмами. По сравнению с ними растения, грибы и животные — узкие специалисты, идущие каждый по своему пути. В мире живой природы универсальность какой-либо группы организмов обычно свидетельствует о ее древности и о том, что она яв-

ляется предковой по отношению к более специализированным группам. Природа сначала «пробует» различные варианты, а потом отбирает из них самые подходящие.

Растения, грибы и животные отказались от универсальности своих предков и развили каждый свои способности, достигнув в них совершенства. Но приобрести, не потеряв, невозможно... Растения монополизировали процесс **фотосинтеза**, но при этом потеряли подвижность. Животные сохранили подвижность, но, потеряв способность создавать органические вещества для собственного питания, попали в полную зависимость от растений. Грибы отказались и от фотосинтеза, и от подвижности, зато «научились» питаться веществами, которые



«Специальности» растений, грибов и животных

не по зубам ни одному животному. Помимо всеядности грибы приобрели способность вырабатывать такие химические соединения (**антибиотики** и некоторые витамины), производство которых не смогли освоить животные и растения.

Среди простейших встречаются как организмы, лишенные клеточной стенки, так и с целлюлозной оболочкой. Помните, **целлюлоза** — основной компонент клеточной стенки растений, а клетки животных характеризуются как раз отсутствием какой-либо клеточной стенки?

Интересно, что **хитин** — вещество клеточной стенки грибов и наружного скелета беспозвоночных животных — найден и у некоторых простейших, правда, в составе раковин и домиков. Но сам факт того, что такие разные организмы, как беспозвоночные животные, грибы и простейшие, могут образовывать одно и то же вещество, дает нам право предполагать, что у этих далеких друг от друга организмов были общие предки.

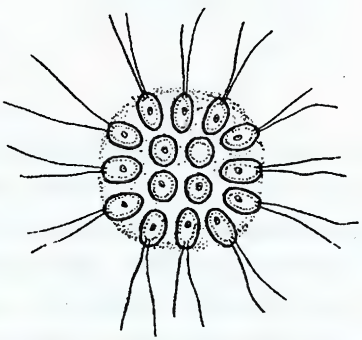
Изучение простейших позволяет представить не только, как выглядели наши общие с растениями и грибами предки, но и то, как происходила эволюция многоклеточности.

Реконструировать основные этапы возникновения многоклеточности нам поможет изучение строения колоний некоторых простейших.

Мы уже знакомились с хламидомонадой и вольвоксом и сказали о том, что из-за внешнего и внутреннего сходства их клеток ученые

считают их самыми ближайшими родственниками. Те же родственные связи объединяют с хламидомонадой еще два колониальных простейших: **гониум и эвдорину**. Отдельная клетка из колонии гониума, эвдорины или вольвокса ничем не отличается от хламидомонады, за исключением одного момента — клетки хламидомонады никогда не объединяются и живут только поодиночке.

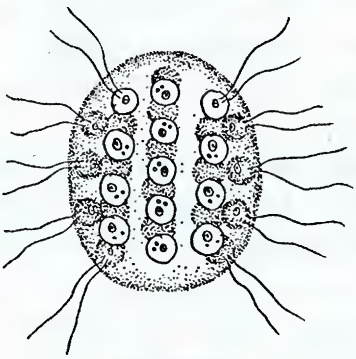
Колония гониума представляет собой четырехугольную пластинку, состоящую из 16 клеток. Все клетки колонии появляются за счет 4 последовательных делений одной клетки-основательницы. Все клетки колонии в одинаковой степени подвижны, чувствительны к свету, способны к размножению. Фактически они ничем не отличаются друг от друга, а от одноклеточных хламидомонад отличаются только тем, что живут вместе. Но при выращивании в искусственной богатой питательными веществами среде колония гониума может распадаться на более мелкие восьми- и четырехклеточные и даже может жить в виде одиночных жгутиковых клеток. Такая непрочная связь между членами колонии наталкивает на мысль о тесном родстве между отдельно



Гониум

живущими клетками хламидомонады и объединенными клетками гониума.

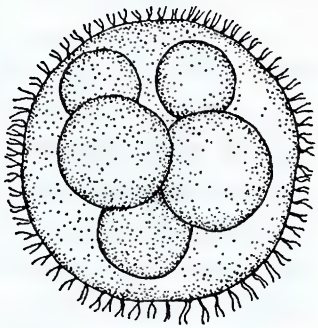
Следующий шаг на пути к многоклеточности делает близкий родственник гониума — эвдорина. Шарообразная колония эвдорины состоит из 32 клеток (посчитайте, сколько делений должно произойти, чтобы из одной клетки-основательницы получилась колония эвдорины). На «головном» конце колонии находятся клетки с более крупными глазками, они определяют направление движения всей колонии. Как и у гониума, все клетки в колонии эвдорины подвижны и способны к самостоятельному питанию, но одинаковыми их назвать уже нельзя. Клетки «головного» конца взяли на себя «руководящую функцию», но взамен потеряли способность к размножению. Здесь уже заметно некоторое разделение труда между членами колонии: часть управляет, часть размножается.



Эвдорина

Колония **вольвокса** еще больше напоминает многоклеточный организм, в котором разные виды клеток выполняют отдельные функции: одни направляют движение всего организма, другие добывают пищу, третьи размножаются. Как у эвдорины мелкие и «глазастые» клетки

«головного» конца направляют движение всей колонии, так и вольвокс плывет вперед тем полюсом, на котором сильнее развиты глазки. Но если у эвдорины способность к размножению потеряли только эти «руководящие» клетки, то вольвокс пошел еще дальше. В многотысячной колонии вольвокса способностью делиться обладают только 4–10 клеток. Эти клетки неподвижны и не могут самостоятельно питаться — их главная и основная задача — размножение. Внутри колонии возникает обстановка неравенства: несколько клеток, в обязанности которых входит продолжение рода, питаются и растут за счет многих тысяч неспособных к делению вегетативных клеток. Получается, что вся огромная колония трудится не покладая рук, чтобы прокормить несколько делящихся клеток. И не кормить нельзя — от них зависит продолжение всего рода вольвоксов.



Вольвокс

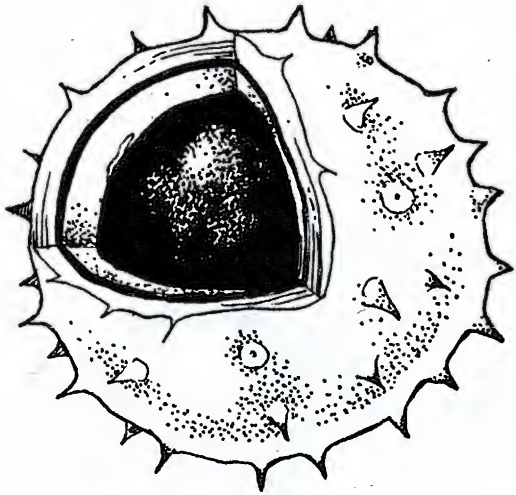
Как видите, в колонии вольвокса разделение труда между разными видами клеток еще сложнее, чем у эвдорины: вегетативные клетки обеспечивают движение и питание всего «организма», несколько клеток «элиты» участвуют только в размножении, а «направляющие» клетки руководят движением, но кормят себя еще сами.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЗАЩИТА — ЦИСТЫ

Большинство **простейших** живет в воде, пресной или соленой, но есть среди них и обитатели почвы: разнообразные **амёбы, жгутиковые и инфузории.** Для таких мелких организмов разница между водой и почвой небольшая. Почва состоит из мелких комочков, и, пока она не пересохла, каждый такой комочек сверху покрывает тонкая пленка воды. Для микроскопических простейших это — целый бассейн! И всё-таки почва это не водоем и может пересохнуть довольно быстро, особенно в верхних слоях. Что же делать простейшим?

Почвенные простейшие с легкостью переносят даже долгое отсутствие воды — в виде **цист.** Циста — это клетка, покрытая толстыми водонепроницаемыми оболочками, под защитой которых организм простейшего остается жизнеспособным и при увеличении влажности снова переходит к активной жизни. Цисты простейших и споры бактерий, при всех различиях этих организмов, похожи в главном — их толстая водонепроницаемая оболочка помогает организму пережить неблагоприятные условия.

Цисты способны образовывать и водные простейшие. В состоянии анабиоза инцистированные (т. е. находящиеся в цисте), простейшие переносят охлаждение и перегревание, отсутствие корма и полное пересыхание водоема. С помощью цист может происходить расселение простейших из водоема в водоем. Невесомые



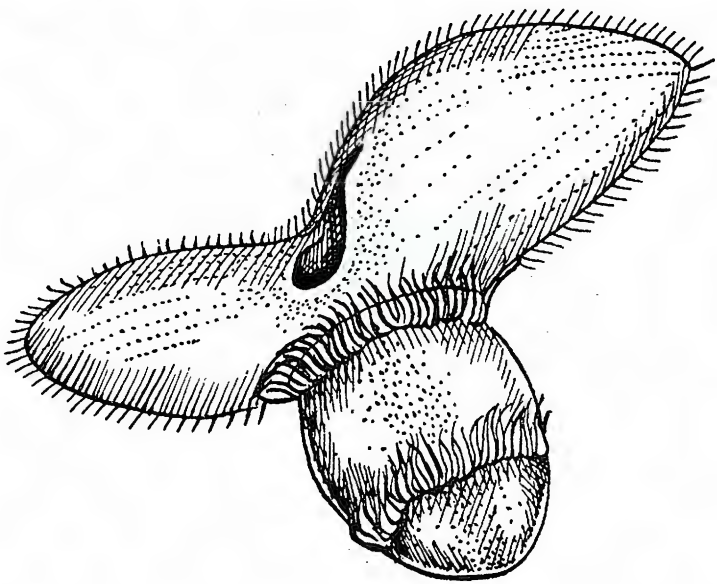
Циста простейшего

цисты поднимаются ветром со дна пересохшей лужи и переносятся на большие расстояния.

В существовании цист можно убедиться на собственном опыте. Если в пробе, которую вы взяли из водоема, нет простейших, не торопитесь ее выливать. Подождите неделю и, скорее всего, если им понравится на вашем подоконнике, в баночке «из ниоткуда» (на самом деле — из цист) появятся амёбы и инфузории.

МОЖНО ЛИ ОБОЙТИСЬ БЕЗ ПРОСТЕЙШИХ?

Фотосинтезирующие простейшие — **хламидомонада, эвглена, вольвокс, динофлагелляты** и **диатомеи** могут создавать органические



Дидиний, пожирающий туфельку.
Хищная инфузория дидиний в два раза меньше своей излюбленной добычи — инфузории-туфельки

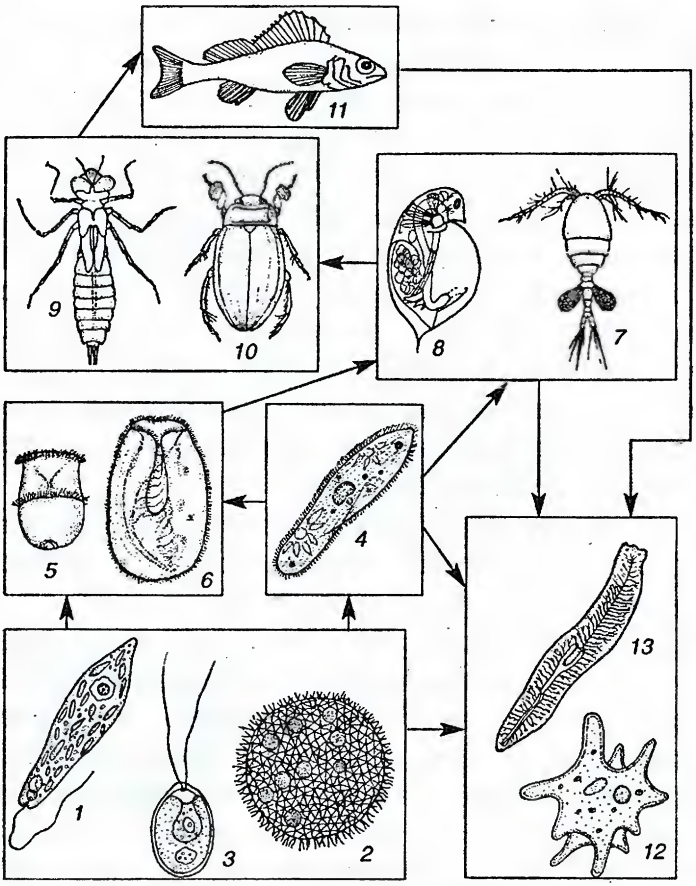
вещества сами, используя воду, углекислый газ, соли и энергию солнечного света. Те простейшие, которые не способны к **фотосинтезу**, нуждаются в готовых органических веществах. Одни, как, например, **обыкновенная амёба**, питаются мертвыми остатками растений и мелких водных животных, другие, как **инфузории-туфельки** и **трубачи**, поедают бактерий, третьи, как инфузории **бурсарии** и **дидинии**, хищничают, нападая на других инфузорий.

В свою очередь простейшими питаются насекомые и их личинки, водные черви и мелкие рачки. Пресноводные рачки — циклопы и

дафнии — сами такие мелкие, что при малом увеличении их можно принять за простейших (отличить их можно по резким скачкообразным движениям — простейшие двигаются плавно). Мелкие рачки, насекомые и их личинки служат кормом многим видам рыб и их малькам. Получается цепочка из организмов, в которой каждое звено, кроме первого — фотосинтезирующих простейших, является одновременно и добычей и хищником. Такие живые цепочки из организмов, связанных между собой пищевыми связями, называются цепью или сетью питания.

В морях и океанах фотосинтезирующие **простейшие** вместе с **водорослями** и **цианобактериями** играют главную роль в образовании органических веществ. Одни только диатомеи поставляют четверть органических веществ, создаваемых растениями на всей планете. За счет этой первичной продукции, созданной простейшими, существуют все остальные обитатели водоемов, не способные сами синтезировать питательные вещества. По цепям питания органические соединения передаются от организма к организму, от крошечной диатомеи к огромному киту.

Фотосинтезирующие простейшие, парящие в толще воды, носят название **фитопланктона**, или растительного планктона (от греч. «планктон» — блуждающее). В жизни больших водоемов фитопланктон играет ту же роль, что и растения на суше, т. е. производит



Цепь питания с участием простейших в пресноводном водоеме

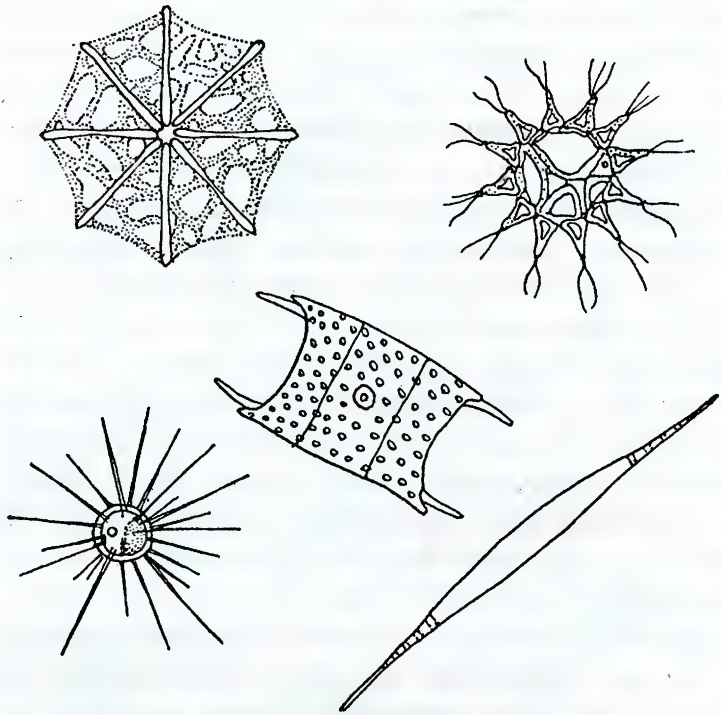
Фотосинтезирующие простейшие: 1 — эвглена, 2 — вольвокс, 3 — хламидомонада; растительноядные: 4 — инфузория-туфелька; хищные: 5 — дидиний, 6 — бурсария, 7 — циклоп, 8 — дафния, 9 — личинка стрекозы, 10 — жук-плавунец, 11 — малек рыбы; детритофаги: 12 — амёба, 13 — планария.

органическое вещество, за счет которого существует весь остальной животный мир в водах морей и океанов. Планктонные организмы по-

крывают сплошным живым слоем толщиной 3–100 м весь мировой океан, а если мы вспомним, что вода занимает более двух третей поверхности нашей планеты, станет понятно, насколько важна их роль в экосистеме планеты. По меньшей мере половину всего кислорода в атмосферу выделяют водоросли, и их вклад даже больше, чем вклад наземных лесов.

Чтобы парить в поверхностном слое воды, не опускаясь на глубину под действием силы тяжести, планктонные организмы обладают целым набором приспособлений. В первую очередь это маленькие размеры тела и незначительный вес. Помогают удерживаться на плаву и капельки жира в цитоплазме клеток, поскольку жир легче воды. Многие планктонные **синезелёные бактерии** содержат газовые вакуоли и плавают на этих «поплавках». У многих планктонных видов на поверхности клеточной стенки образуются выросты разного рода — шипы, щетинки, перепонки, — действующие наподобие парашютов. Все эти выросты служат для увеличения площади поверхности и силы трения организма о воду, что позволяет ему лучше удерживаться на плаву. Замечено, что у диатомей, входящих в состав планктона, более тонкий и ажурный панцирь по сравнению с диатомеями, живущими на дне.

Весь наш разговор о простейших до этого момента касался свободноживущих организмов, но очень многие простейшие живут внутри



Приспособления к парению у планктонных организмов

других животных. И ведут они себя внутри хозяина очень по-разному.

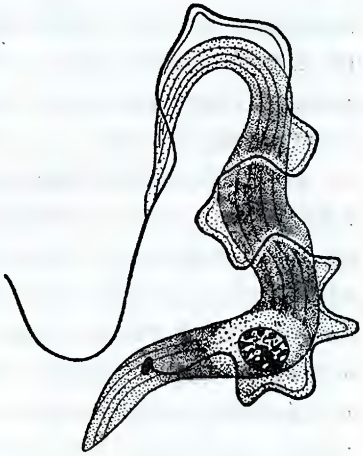
Приблизительно у 60% людей в ротовой полости встречается амёба ***Entamoeba gingivalis*** (читается: энтамёба гингивалис). Она живет на беловатом налете кариозных зубов и десен и питается в основном уже погибшими белыми клетками крови — лейкоцитами. Эта амёба безвредна для здоровья, как и четыре вида амёб, проживающих в толстом кишечнике человека. Все эти безобидные «квартиран-

ты» питаются бактериями, которые в огромном количестве населяют нашу толстую и слепую кишку.

Дизентерийная амёба тоже живет в толстой кишке человека, но не ограничивается «съемом жилплощади», а питается клетками и тканями кишечника, разрушая их. Проникнув через стенку кишечника в соединительную ткань, амёбы начинают пожирать красные клетки крови. В результате жизнедеятельности дизентерийной амёбы у человека развивается тяжелое трудноизлечимое заболевание амёбиаз.

Жгутиконосцы из рода **трипаносом** вызывают смертельно опасное заболевание — **сонную болезнь**, распространенную в тропической Африке. На ранних стадиях болезни трипаносома живет в плазме крови, а затем проникает в спинной мозг.

Сейчас существует способ лечения этого заболевания, но в XIX веке, когда лекарства от сонной болезни еще не было известно, от нее погибали миллионы африканцев. Эта болезнь сделала огромные пространства Африки безлюдными, недоступными для



Трипаносома

земледелия и скотоводства, опасными для охоты и убийственными для путешественников.

Окончательная победа над сонной болезнью была установлена только после изобретения лекарственного вещества, убивающего ее возбудителей — паразитических простейших — трипаносом.

Среди простейших около 30–40% видов являются паразитами растений и животных. Однако отношения между простейшими и их хозяевами могут быть и взаимовыгодными.

Например, жизнь и благополучие тропических насекомых — термитов — полностью зависит от обитающих в их кишечнике **жгутиковых** простейших. Термиты питаются древесиной, которая состоит из мертвых пустых клеток, окруженных целлюлозной оболочкой. Но самостоятельно переварить древесину термиты не могут, за них это делают жгутиконосцы, которые как раз используют в пищу **целлюлозу**. Получается, что, питаясь сами, жгутиконосцы одновременно снабжают пищей и своих хозяев-термитов.

В экспериментах термиты, искусственно лишенные своих помощников, очень быстро погибали от истощения, хотя ели при этом практически непрерывно. Целлюлоза не может усваиваться организмом насекомого без помощи жгутиконосцев. При этом при каждой линьке термиты теряют своих симбионтов, и, чтобы выжить, слизывают друг у друга жидкие экскременты, проглатывая жгутиконос-

цев, которые продолжают жить и размножаться в кишечнике хозяев.

Жгутиконосцы из кишечника термитов нигде больше в природе не встречаются. Внутри своих хозяев они нашли идеальные условия существования: обильную готовую к употреблению пищу, тепличные условия существования и надежную защиту от всех невзгод «наружной» жизни.

В данном случае мы имеем дело с взаимовыгодным сожительством двух организмов, которое зашло настолько тесно, что обойтись друг без друга они уже не могут.

В отношениях простейших с человеком тоже можно найти положительные моменты. Способность простейших поглощать органические вещества используется в процессе очистки сточных вод. Вместе с бактериями и грибами простейшие не только перерабатывают загрязняющие воду вещества, работая как биологические фильтры, но и выделяют кислород, обеспечивая тем самым жизнедеятельность всех остальных организмов. На богатой питательными веществами среде простейшие и водоросли растут и размножаются так быстро, что время от времени приходится прочищать очистные сооружения, излишки биомассы при этом идут на корм скоту.

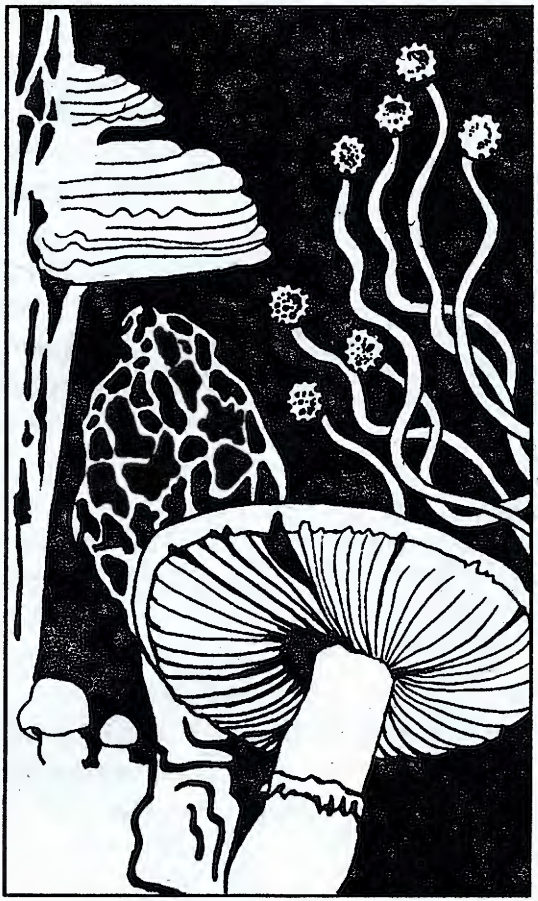
Многих простейших легко содержать дома: много места и специальных приспособлений для этого не требуется — всего лишь баночка с водой на подоконнике. А наблюдать за

этими «домашними животными» необыкновенно интересно. Про наблюдения и опыты над простейшими, которые вы сами можете сделать в домашних условиях, можно написать не одну книгу. Некоторые книги по простейшим и их содержанию, которые наверняка есть в вашей школьной или районной библиотеке, вы найдете в конце этого тома.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ, ЧТО...

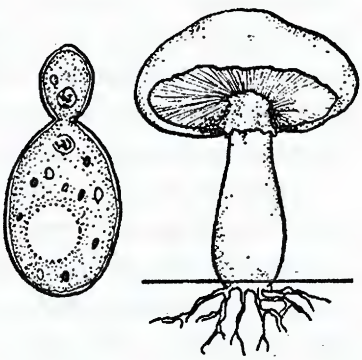
- Залежи мела и известняка представляют собой не что иное, как скопление раковинок ископаемых простейших — раковинных корненожек, живших в морях и океанах Земли более 100 млн. лет назад.
- Количество простейших в кишечнике термитов иногда настолько велико, что составляет до 1/3 массы насекомого!
- В желудочно-кишечном тракте копытных животных вместе с бактериями обитает масса простейших — мелких жгутиконосцев и инфузорий. Их количество может достигать колоссальных величин. В 1 $см^3$ содержимого желудка коровы содержится порядка 1 млн. разнообразных инфузорий. Они питаются содержимым желудка жвачных: бактериями, грибками, полупереваренными кусочками растений. Кроме этого, некоторые более крупные виды простейших охотятся на своих мелких собратьев.

ГРИБЫ



В ГРИБНОМ ЦАРСТВЕ, ДА В ХИТИНОВОМ ГОСУДАРСТВЕ...

При слове «грибы» у вас, наверное, сразу возникает образ лукошка с подберезовыми, подосиновыми или белыми грибами, пенька с опятами, трутовиков на коре трухлявого дерева. Наверняка вы знаете, что неаппетитная плесень на хлебе и дрожжи, которые используются при выпечке хлеба и в пивоварении, тоже относятся к грибам.



Все грибы для удобства делят на две большие группы: шляпочные (справа) и микроскопические (слева)

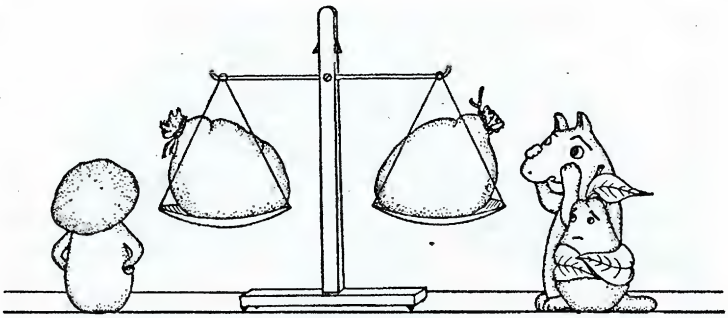
Что общего может быть между привычными нашему взгляду шляпочными грибами и пузырящейся массой дрожжей или пушком плесени? Чтобы ответить на этот вопрос, нам нужно рассмотреть, как устроены клетки, из которых состоят эти на первый взгляд совершенно непохожие друг на друга организмы.

Первой особенностью является то, что клетки всех **грибов**, будь то подберезовик или плесневый гриб мукор, снаружи одевает жесткая оболочка, напоминающая клеточную стенку растений. Разница состоит в том, что материал,

из которого построена клеточная стенка, у растений и грибов совершенно разный: у растений это **целлюлоза**, а у грибов — **хитин**. Хитин — довольно распространенный в природе материал. Из него состоит наружный скелет насекомых, пауков, ракообразных. Не правда ли странно: одно и то же вещество встречается и у грибов, и у животных? На этом сходство этих двух царств не заканчивается: основным побочным продуктом (отходом) обмена веществ у грибов, как у многих животных, является мочевина, а запасным веществом не **крахмал**, как у растений, а похожее на него вещество — **гликоген**, также свойственный животным.

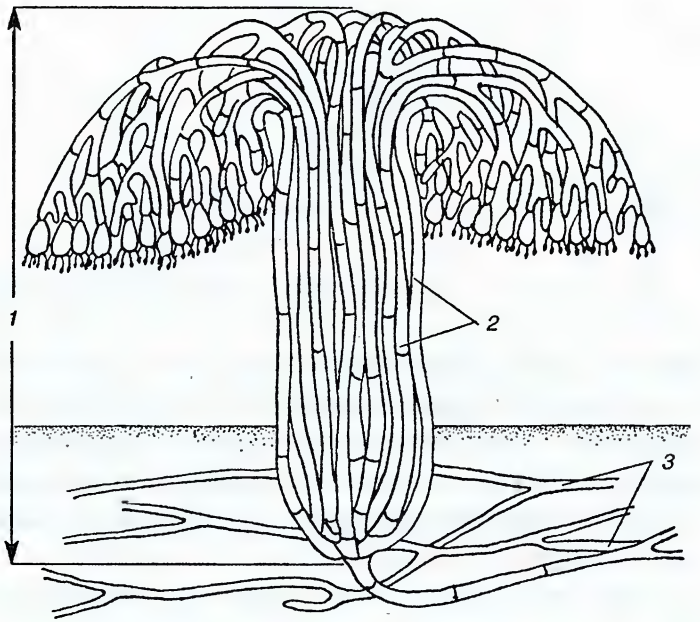
Грибы растут в течение всей жизни и растут довольно быстро — отдельный гриб может за 24 часа образовать грибницу общей длиной более километра. Неограниченный рост, неподвижность и способность к самостоятельному получению витаминов сближает грибы с растениями, но при этом грибы не содержат хлорофилла и потому не могут использовать солнечную энергию для получения органических веществ. Они вынуждены питаться уже готовыми органическими веществами и в этом снова проявляют сходство с животными. Как видите, грибы совмещают в себе и растительные, и животные признаки. Вот почему на схеме системы живой природы (см. с. 7) они помещены между царствами животных и растений.

Хотя грибы питаются как животные, они при этом не заглатывают частицы пищи, а вса-



сывают их в растворенном виде всей поверхностью клетки. Такой способ поглощения питательных веществ широко распространен в природе. Помимо грибов он встречается у некоторых простейших (см. с. 84) и бактерий (см. с. 24).

Еще одна особенность грибов состоит в том, что все они, кроме дрожжей, имеют нитевидное тело. Шляпки и ножки сыроежек и лисичек состоят из множества таких плотно упакованных нитей. Грибные нити называют **гифами**, а множество гиф — **грибницей** или, по-научному, **мицелием**. Собирая грибы, мы на самом деле срываем только надземную часть гриба — **плодовое тело**, а основная масса грибного организма — мицелий — скрыта под землей. Отношение объема плодового тела гриба к объему мицелия примерно такое же, как отношение объема яблок, растущих на яблоне, к объему всего дерева. Называя в обиходе плодовое тело гриба грибом, не забывайте, что это еще не весь гриб, а только небольшая его часть.



Плодовое тело гриба (1) состоит из плотно переплетенных гиф (2). Рыхло расположенные гифы образуют грибницу, или мицелий (3)

Грибница не только во много раз больше, но еще и гораздо долговечнее плодовых тел, которые на ней вырастают. Например, грибница **опёнка** живет несколько столетий. Известны отдельные мицелии, возраст которых перевалил за полуторатысячелетний рубеж. Естественно, такие долгожители живут не на одном дереве (ни одно зараженное опенком дерево столько не протянет) — гифы гриба «переползают» от одного растения к другому в местах контактов корней и в итоге могут поразить участок леса площадью в несколько гектаров.

ТАКИЕ РАЗНЫЕ ГРИБЫ

Знакомясь с **бактериями**, мы не раз подчеркивали, что у этих организмов встречаются все возможные типы питания: фотосинтез, питание готовыми органическими веществами и использование энергии неорганических соединений. По сравнению с бактериями **грибы** удивительно однообразны — они единодушно выбирают питание готовыми органическими веществами. Если группу бактерий, занимающихся в природе разрушением органических соединений, можно назвать любителями, то грибы — настоящие разрушители-профессионалы.

Грибы могут использовать в пищу самые разные и, на наш взгляд, не совсем съедобные материалы. Они переваривают краску, ткани, картон, кожу, воск, изоляцию кабелей и проводов, фотопленку и даже линзы оптических приборов — почти все известные вещества.

Конечно, большинство грибов имеет не такой экзотический вкус. В природе они, как правило, вместе с бактериями разрушают остатки растительных и животных организмов. Трупы и экскременты животных, опадающие на землю листья, отмирающая трава, ветви и стволы деревьев — все эти отходы жизни бактерии и грибы быстро и незаметно разрушают до простых неорганических соединений. Специалисты по разрушению органики не только освобождают от мертвого груза пространство для жизни, но и обогащают почву питательными

веществами. Верхние 20 сантиметров почвы в среднем содержат 5 тонн грибов и бактерий на гектар. В результате работы бактерий и грибов в почву поступают минеральные соли и не до конца разложившиеся органические соединения. Последние и составляют основу перегноя или, как его еще называют, гумуса. Именно от количества гумуса зависит плодородие почв. Частицы перегноя лучше удерживают в почве воду, увеличивают проницаемость почвы для воздуха, предотвращают вымывание минеральных солей.

Как и бактерии, грибы успешно справляются даже с такими устойчивыми веществами, как **целлюлоза** клеточных стенок растений и **лигнин**, пропитывающий древесину и придающий ей особую прочность. Пожалуй, грибы справляются даже лучше. Например, таежные почвы гораздо менее плодородны, чем почвы широколиственных лесов. Одно из объяснений этого явления состоит в том, что в суровых северных условиях грибы получают преимущества перед бактериями и практически единолично осуществляют процессы гниения. Как мы уже сказали, грибы подходят к проблеме переработки органики профессионально — растительные и животные остатки они разлагают до конца: до углекислого газа, воды и минеральных солей, не оставляя «отходов» в виде гумуса. Понятно, что такой профессиональный подход грибов не способствует накоплению перегноя и увеличения плодородия таежных почв.

Трутовики на дереве

Трудно переоценить значение грибов как разрушителей органического вещества на планете, но и здесь есть обратная сторона. Дело в том, что также активно они разрушают и продукты питания человека, хозяйственные постройки и многие другие ценные для человека материалы. Для грибов нет разницы между погибшим деревом и деревянным забором, между опавшими листьями и плодами диких растений и зерном в зернохранилищах. Большой вред древоразрушающие грибы наносят лесному хозяйству. Подсчитано, что они уничтожают в среднем от 10 до 30% заготовляемой древесины. Плесневые грибы растут на хлебе, овощах, фруктах, мясе и т. д., делая их непригодными для потребления. Иные при этом еще и выделяют яды, некоторые из которых действуют на организм человека в ничтожных концентрациях

порядка одной десятимиллионной процента! Даже если вы храните продукты в холодильнике, вы не можете поручиться за их сохранность — среди грибов, поражающих мясо, есть и такие, что могут расти при температуре −6 °С.

Существуют многочисленные грибы-паразиты, которые питаются живыми тканями растений и животных, вызывая серьезные заболевания и нередко приводя к их гибели. Грибы могут поражать кожные покровы, кожу, ногти, волосы человека и животных, вызывая стригущий лишай, паршу, дерматиты. Эти заболевания доставляют людям огромные неприятности и с трудом поддаются лечению. Но гораздо большую опасность представляют грибы-паразиты внутренних органов. Споры грибов постоянно вдыхаются людьми, и некоторые из них являются причиной очень тяжелых и даже смертельных болезней, особенно если затрагиваются легкие.

Среди паразитов растений особенной известностью пользуются **головнёвые** и **спорыньёвые грибы**. Головневые распространены от Арктики до тропиков, почти повсюду, где растут высшие растения. На территории России встречается около 300 видов головневых грибов, а всего их известно более 1000 видов. Если учесть, что сейчас открыто 100 000 видов грибов, то головневые грибы составляют 1% от их общего количества.

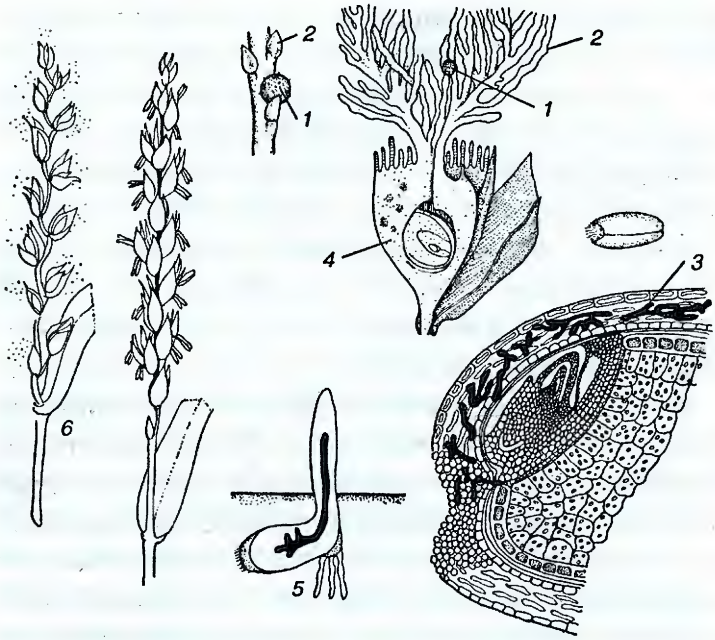
Головневые грибы поражают почки, корни, листья и стебли, плоды и семена, лепестки

и чашелистики, тычинки и пестики — все органы своих растений-хозяев. Пораженные части растений выглядят как обугленные или покрытые сажей, поэтому заболевания, вызываемые головневыми грибами, носят общее название «головня». Эта темная «пыль» представляет собой скопления головневых **спор**. Защищенные плотной хитиновой оболочкой споры головни могут заразить растение, даже пролежав в земле 25 лет.

Головневые грибы образуют на зараженных растениях колоссальное количество спор: в одной зерновке пшеницы образуется от 8 до 20 млн. спор, а в одном пораженном колосе их может быть до 200 млн. Каждая отдельная головневая спора способна заразить растение. К счастью, большинство из них со временем погибают в почве, не попав на подходящий для развития субстрат.

Споры **головни** заражают семена растений еще в почве, когда те только начинают наклевываться. Зараженное растение поначалу кажется здоровым. Гифы гриба разрастаются в тканях растения, образуя на концах присоски-гаустории, с помощью которых высасывают питательные вещества из клеток хозяина. В конце лета на мицелии гриба начинают образовываться споры, «обугливая» зараженные органы растения. Так происходит развитие твердой головни ячменя и пшеницы.

Споры **пыльной головни пшеницы** заражают растения не через почву, а через рыльца,



Развитие пыльной головни пшеницы

Споры (1) пыльной головни пшеницы заражают здоровые растения через рыльца цветов (2). Гифы гриба (3) прорастают в завязь (4) и заражают зародыш семени. Весной зараженное зерно прорастает (5). Гифы гриба развиваются в тканях растения и разрушают колос (6), после чего распадаются на отдельные споры

налипая на них вместе с пыльцой. На этом примере можно видеть, как тесно бывают связаны жизненные циклы паразита и хозяина — ведь спороношение пыльной головни должно четко совпадать со временем цветения злаков. Споры прорастают на рыльце и проникают в завязи, где развиваются семена растения. Зараженные семена внешне ничем не отличаются от здоровых и весной нормально прораста-

ют, но внутри молодого растения интенсивно разрастаются грибные гифы. Они прорастают в молодой колос и разрушают его, когда цветки пшеницы только закладываются. На поврежденном колосе сохраняется только стержень, остальные его части превращаются в темную массу спор, которые ветром переносятся на рыльца здоровых растений.

Гриб **спорынья** паразитирует на культурных и диких злаках. Споры паразита попадают на рыльце пестика или в нектар и проникают в завязь. В завязи на месте зерновки разрастается масса мицелия с плодовыми телами, содержащими миллионы спор. Плодовые тела со спорами погружены в липкие капли сладкой «медвяной росы», привлекающей насекомых, которые и разносят споры на здоровые растения.

По всей видимости, сахаристые вещества «медвяной росы» вырабатываются в результате влияния гриба на растение. Дело в том, что в созревающих зернах должен накапливаться крахмал, но вот в присутствии гриба он не синтезируется. Видимо, паразит вырабатывает вещества, подавляющие синтез крахмала из глюкозы, и, таким образом, сохраняет для себя сахара в доступной форме, поскольку переваривать крахмал спорынья не может.

Через неделю-другую после появления «медвяной росы» и распространения спор на колосьях начинают появляться черно-фиолетовые плотные образования, по форме напоминающие рожки. Их размеры варьируют от

Рожки (склероции) спорыньи

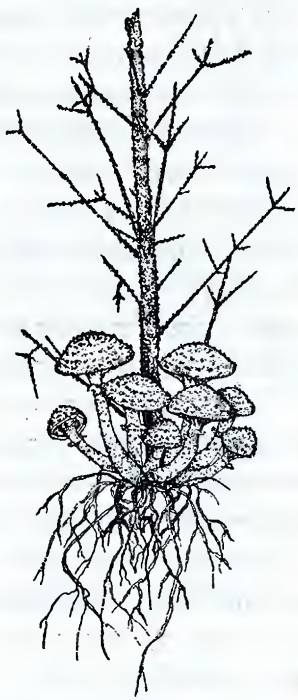
очень мелких до 3 см в длину. Эти рожки представляют собой плотные переплетения гиф, богатые питательными веществами. Они помогают грибу переносить зимние холода и засуху. Борьба с заражением злаков спорыньей и головней заключается в тщательной обработке посевного материала для того, чтобы зараженные семена не попали на поля.

Рожки спорыньи содержат в себе ядовитые вещества — **алкалоиды**. Сейчас отравления, вызванные спорыньей, очень редки, но в прошлом вспышки этих отравлений уносили большое количество жертв. В медицине для этого отравления есть специальное название — **эрготизм**, а в народе распространено название **«антонов огонь»** или **«злые корчи»**. В одну из эпидемий 994 года погибло 40 000 человек. В 1722 году эрготизм вывел из строя кавалерию Петра I накануне битвы с турками, изменив, таким образом, ход истории.

Впервые спорынья была описана учеными в 1582 году, но предположение о связи вспышек эрготизма с употреблением в пищу продуктов из зараженного спорыньей зерна было высказано только через 200 лет. Алкалоиды спорыньи усиливают сокращения мышц и вы-

зывают тем самым сужение кровеносных сосудов, благодаря чему нашли широкое применение в медицине при лечении сердечно-сосудистых и нервных заболеваний. А в акушерстве для стимулирования родовых схваток алкалоиды спорыньи использовались задолго до научного признания, еще в 1552 году. Так часто бывает, что ядовитые вещества в небольших количествах используются как лекарственные средства и, наоборот, неправильное употребление лекарств может приводить к тяжелым отравлениям и даже смерти.

Шляпочным грибом-паразитом является всем известный **опёнок осенний**, поселяющийся на живых деревьях и со временем приводящий к их гибели. Правда, опёнок, живущий на старом пне, уже нельзя назвать паразитом — он разрушает мертвую древесину.



Молодое деревце, загубленное опёнком

В лесу на стволах деревьев и пнях часто можно встретить копытообразные или плоские плодовые тела **трутовиков**. Своим названием все трутовые грибы обязаны оному виду — **трутовику настоящему**. Этот гриб

вымачивали в растворе селитры, высушивали и использовали для разведения огня, когда в обиходе еще не было ни спичек, ни зажигалок. С помощью кремней высекали искры, которые, попадая на трутовик, вызывали его медленное тление. К тлеющему трутовику подкладывали кусочки бересты, прутики или ветошь. Трутовик давно вышел из употребления, но его название закрепилось за многими древоразрушающими грибами.

Одни трутовики поселяются на мертвых деревьях, пнях, валежнике. Они питаются отмершей древесиной, разрушая ее и обогащая почву минеральными веществами. Другие трутовые грибы поселяются на живых деревьях и паразитируют на них. Их споры попадают внутрь дерева через мелкие трещины и повреждения коры. Ломая ветки и обдирая кору, люди наносят вред деревьям не только прямо, но и косвенно — ведь через ранки на ветвях и стволе в дерево могут проникнуть споры грибов-паразитов, а это рано или поздно приведет к его гибели.

Для грибов-паразитов живых деревьев важной частью питания являются витамины и ростовые вещества клеток дерева. Некоторые трутовики, например **ложный осиновый**, быстро отмирают после срубания ствола, несмотря на то, что химический состав древесины не меняется, — прекращается синтез необходимых грибу веществ.

Уже знакомый нам настоящий трутовик чаще всего встречается на мертвых стволах, но

может поселяться на ослабленных деревьях, быстро приводя их к гибели. Его серые копытообразные плодовые тела живут несколько десятков лет и могут достигать больших размеров, до 40 см.

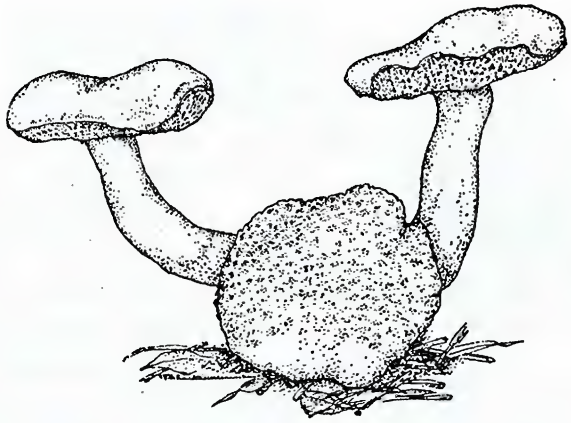
Наблюдая долгое время за развитием трутовых грибов на одном и том же стволе, можно заметить, что виды грибов сменяют друг друга с течением времени. Это связано с тем, что у разных грибов разные вкусы. Грибы, разлагающие здоровую древесину, своей жизнедеятельностью подготавливают субстрат для следующих видов, поскольку сами на «отработанной» древесине жить не могут. Истощая питательные вещества, гриб, поселившийся первым, становится менее жизнеспособным, в то время как тот, для которого частично разложившаяся древесина является более предпочтительной, попадает в благоприятные для своего развития условия и легко вытесняет своего предшественника. Примером таких взаимоотношений может служить пара **трутовиков: окаймленный и пахучий.** Первый гриб поселяется на здоровых пнях и живых деревьях, быстро разрушая их. Пахучий трутовик разрушает древесину гораздо медленнее. Скорость его роста значительно увеличивается, если он растет на субстрате, «подготовленном» трутовиком окаймленным.

Не надо забывать о том, что на поверхности стволов мы видим только плодовые тела трутовых грибов, но их основная масса в виде

мицелия скрыта от наших глаз внутри дерева. Поэтому, сбивая «копыта» трутовиков, вы ничем не помогаете больным деревьям, на них довольно быстро появятся новые плодовые тела. Гифы грибов пронизывают древесину дерева на всем протяжении ствола, выделяя пищеварительные соки, разрушающие целлюлозу клеточных стенок и лигнин — вещество, пропитывающее клеточные оболочки и скрепляющее клетки древесины между собой. В результате твердая древесина превращается в труху, которую можно крошить пальцами.

Существуют и такие грибы, которые паразитируют на рыбах, насекомых и своих же собратьях — грибах, причем не только плесневые (таких великое множество), а шляпочные. Один из них **болетус паразитный** — родственник царя грибов — боровика. Живет болетус за счет плодовых тел ложнодождевика и больше ни на каких других грибах не встречается.

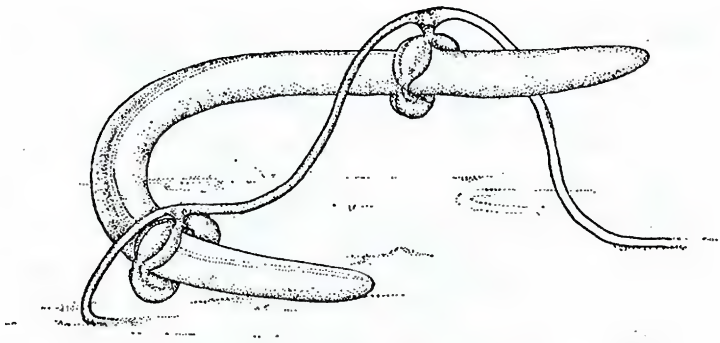
Редко можно встретить человека, который не любит грибов. Встречаются заядлые «грибники» и среди животных. Грибы поедают лоси, мыши, белки, кабаны. В мякоти плодовых тел и стол, и дом находят личинки грибных комариков — это те самые белые «червячки», которых приходится вытравливать из собранных грибов соленой водой. А тропические насекомые — некоторые термиты и муравьи-листорезы из Южной Америки занимаются «промышленным» разведением грибов на подземных плантациях. Насекомые подготавли-



Болетус на ложнодождевике

вают питательную смесь, состоящую из мелких кусочков древесины и экскрементов (термиты) или тщательно пережеванных и увлажненных слюной листьев (муравьи), и засевают ее спорами грибов. Поддерживая в грибном хозяйстве постоянную влажность и температуру, прореживая всходы и удаляя «сорняки» в виде плесневых грибов, насекомые добиваются высоких урожаев.

Удивительны **хищные грибы**, добывающие пропитание охотой на мелких почвенных животных, например на круглых червей — нематод. Гифы грибов-хищников образуют петли, которые быстро (менее чем за 0,1 с) вздуваются, сжимаясь, как аркан, когда червь проползает по их внутренней поверхности. Когда добыча поймана, гифы прорастают внутрь тела червя и переваривают его. Существует и другой способ ловли добычи, пассивный. В этом



Нематода в «аркане» хищного гриба

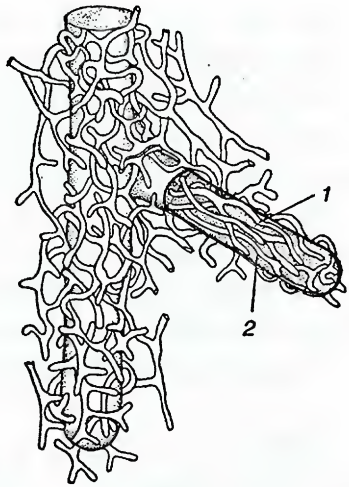
случае гифы гриба выделяют липкое вещество, к которому прилипают мелкие насекомые, простейшие и другие животные. Так действует хорошо вам известный съедобный гриб **вешенка обыкновенная**, растущая на гнилой древесине.

СОДРУЖЕСТВО ГРИБОВ И РАСТЕНИЙ

Многие **грибы** названы по имени деревьев — подберезовик, подосиновик, дубовик, осиновый груздь, сосновый рыжик, еловая мокруха, ольховая огневка. Действительно, определенные виды грибов часто встречаются под определенными видами деревьев. Случайность ли это? Оказывается, нет — многие шляпочные грибы вступают в симбиоз с корнями высших растений, образуя **микоризу**.

Слово «микориза» дословно означает «грибокорень», а заключается это явление в том,

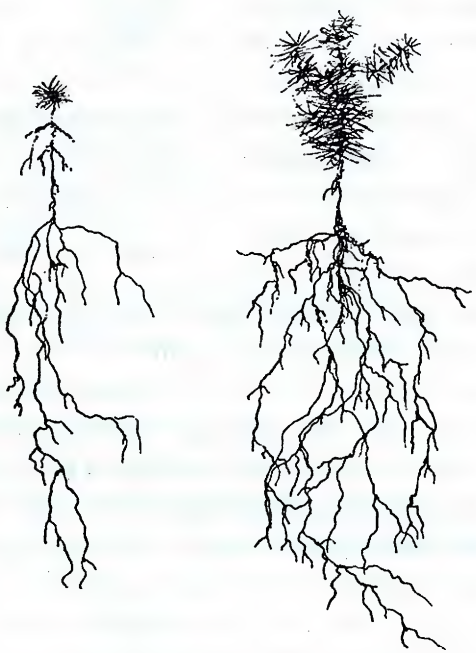
что гифы гриба плотно оплетают корешок деревьев и даже проникают внутрь него. Чехол из сплетенных гиф играет роль корневых волосков, поглощая воду и минеральные соли и доставляя их дереву, при этом собственных корневых волосков корень, «подружившийся» с грибом, не образует. Недавно ученые экспериментально доказали, что развитие микоризы облегчает растениям поглощение фосфорных и азотных соединений. Кроме этого, грибы поставляют растениям некоторые витамины и ростовые вещества, которые те сами не могут вырабатывать. В свою очередь, гриб получает из корней дерева сахара для питания.



Микоризообразующий гриб оплетает корень дерева снаружи, а часть его гиф (1) проникает внутрь корня (2)

Почва под деревьями насквозь пронизана корнями и грибницей микоризных грибов, а на поверхности периодически появляются плодовые тела. О том, насколько важны для грибов симбиотические отношения с корнями деревьев, говорит тот факт, что без образования микоризы гриб не может образовывать плодовые тела. Неудачи при попытках искусственного

разведения ценных лесных грибов (**белого** и **подосиновика**) связаны именно с этим. На прекрасной унавоженной почве грибницы хорошо росли и без корней деревьев, но плодовых тел не давали. Белый гриб образует микоризу со многими породами деревьев: березой, дубом, грабом, буком, елью, сосной. Такая же «неразборчивость» характерна и для **мухоморов**. А вот **лиственичный маслёнок** связывает свою жизнь только с лиственницей или кедровой сосной.

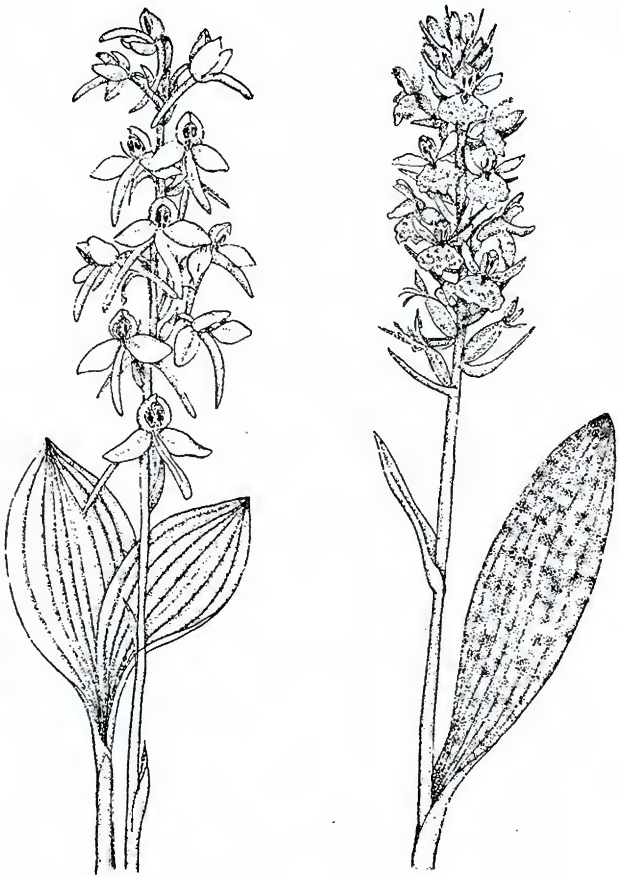


Всходы сосны в течение двух месяцев содержались в стерильном питательном растворе. Справа — сеянец, перед посадкой росший две недели в лесной почве, содержащей грибы. Слева — сеянец, высаженный в луговую почву без контакта с грибами

Не менее важны симбиотические отношения с микоризными грибами и для деревьев. Всходы многих лесных видов, выращенные в стерильном питательном растворе без контакта с грибами, а затем перенесенные в луговую почву, плохо растут и даже погибают, хотя почва на лугах богатая. Но если добавить к почве вокруг корней сеянцев немного лесной почвы, содержащей грибницу соответствующих грибов, сеянцы заметно прибавляют в росте.

Взаимовыгодные отношения между растениями и грибами распространены в природе очень широко. Более 80% высших растений образуют микоризу. Микориза есть не только у деревьев, но и у многих травянистых (особенно многолетних) цветковых растений, папоротников и даже мхов (у мхов в образовании микоризы участвуют не шляпочные, а микроскопические грибы). Не образуют микоризу только водные растения.

Совершенно особые отношения складываются между микоризными грибами и растениями из семейства **орхидных**. Если при прорастании семени проросток орхидеи не завяжет отношения с определенным видом гриба, он очень быстро погибает. Дело в том, что у орхидей очень маленькие семена, и крошечный проросток не может самостоятельно фотосинтезировать, сахарами его снабжает гриб. Долгое время цветоводам не удавалось размножать орхидеи семенами — они сеяли их в почву, где не было подходящих грибов.



Любка (слева) и ятрышник (справа)

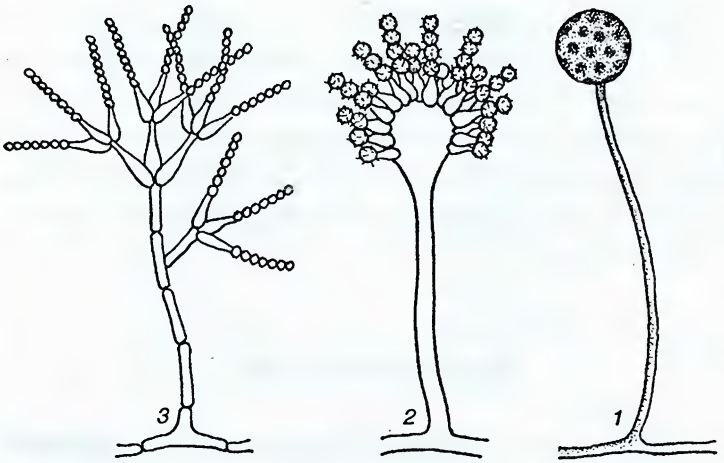
В наших лесах тоже растут орхидеи, у которых очень хорошо развита микориза. Это — **любка двулистная**, или ночная фиалка, ее отчасти похожие на фиалки цветы хорошо заметны в сумерках, и многочисленные виды **ятрышника**, чьи мелкие розовые цветки и зеленые листья испещрены темными пятнышками.

Содружество грибов и растений возникло очень давно. Данные палеоботаники говорят о том, что микориза у древнейших наземных растений встречалась не реже, чем у современных. Это открытие позволило предположить, что заселять сушу растениям помогли микоризные грибы.

РАЗМНОЖЕНИЕ

Как происходит размножение грибов? **Дрожжи** размножаются в основном вегетативным способом, отпочковывая от себя множество новых клеток, которые постепенно теряют связь с материнской. Другие грибы тоже могут размножаться вегетативно — кусочками **грибницы**. Если взять немного почвы из того места, где росли грибы, и перенести в другое подходящее место, то грибница разрастется и вскоре начнет образовывать плодовые тела.

Плодовые тела называются так не случайно. Именно на них образуются **споры** — специализированные клетки, служащие для размножения и распространения. Одноклеточная спора, покрытая толстой защитной оболочкой, может преодолевать по воздуху большие расстояния. Есть сведения, что споры возбудителя **стеблевой ржавчины пшеницы** переносились на 1000 км. Споры образуются на поверхности трубочек и пластинок **шляпочных грибов**, по всей поверхности плодового тела



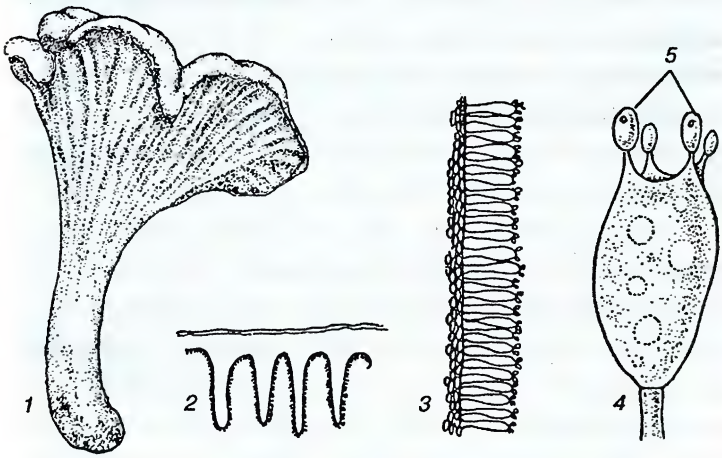
Органы размножения плесневых грибов:
1 — спорангий мукора; 2 — конидии аспергилла;
3 — конидии пенициллла

(сморчки, строчки), внутри плодового тела **(дождевики, бокальчики)**. У микроскопических и **плесневых грибов** тоже можно обнаружить плодовые тела, образующие споры. Спорообразующие органы плесневого гриба **мукора**, часто появляющегося на продуктах, можно разглядеть невооруженным глазом. Они выглядят как черные точки на белом фоне.

Цвет спор отличается у разных видов грибов и часто является важнейшим признаком при определении вида гриба. Попробуйте провести такой опыт: аккуратно отрежьте спелую, полностью развернувшуюся шляпку гриба и положите ее на лист белой бумаги в такое место, где нет ветра или сквозняка и где никто ее случайно не сдвинет. Лучше на всякий слу-

чай сверху накрыть шляпку банкой. Через несколько часов вы увидите на бумаге высыпавшиеся споры. Это споровый отпечаток — автограф гриба, так же точно повторяющий рисунок пластинок или трубочек на шляпке гриба, как дактилоскопический отпечаток пальцев — линии на руке человека. Чтобы точнее определить цвет спорового порошка, лучше отрезать две шляпки одного и того же гриба (или разрезать одну пополам) и положить одну на белый лист бумаги, а другую — на черный.

Спелое высохшее плодовое тело гриба **дождевика** («дедушкиного табака») при легком прикосновении выбрасывает в воздух тучу спор. Один дождевик может образовывать несколько триллионов спор. Потенциально каждая из



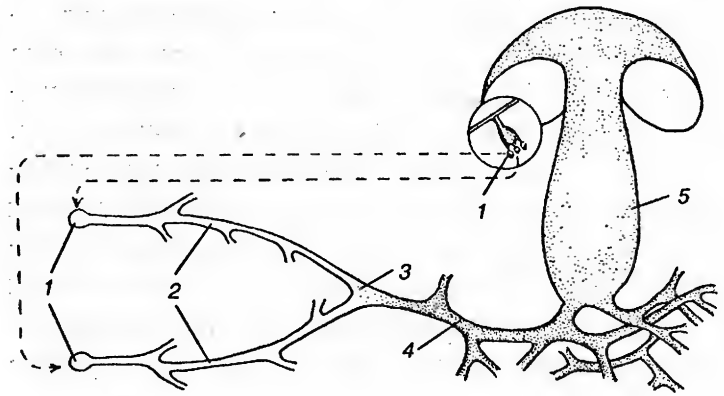
Плодовое тело шляпочного гриба

1 — общий вид; 2 — пластинки на нижней стороне шляпки; 3 — край пластинки при увеличении; 4 — материнская клетка (базидия), образующая 4 споры (5)

них может дать начало грибному мицелию, но большинство спор гибнет, попадая в неподходящие для жизни условия.

Прорастая, спора дает начало грибному мицелию. Мицелий быстро разрастается, грибные гифы пронизывают субстрат (почву, подстилку или древесину). Но для образования плодовых тел развития одного мицелия недостаточно. Для этого необходимо, чтобы произошло слияние клеток двух мицелиев разного «пола» (их обозначают «+» и «−»). Такое слияние клеток гриба напоминает процесс оплодотворения у животных, с той лишь разницей, что у грибов нет мужских и женских особей (о том, зачем нужен процесс оплодотворения, вы познакомитесь в последней главе этой книги). Клетка, образовавшаяся в результате слияния клетки «+» и клетки «−», дает начало новому мицелию, на котором образуются плодовые тела, производящие новое поколение спор. Так в общих чертах выглядит жизненный цикл шляпочного гриба.

Как вы думаете, зачем гриб выносит плодовые тела на поверхность почвы? Почему бы не поместить их в почве или древесине, чтобы споры сразу проросли в богатой питательными веществами среде? Однако, если миллионы спор прорастут в одном месте, им просто не хватит места и пищи. Расселить свое потомство как можно дальше от места рождения — вот главная задача любого живого организма. Самым простым решением этой проблемы будет



Жизненный цикл шляпочного гриба

1 — спора; 2 — первичный мицелий; 3 — слияние разноименных мицелиев с образованием нового мицелия (4); 5 — плодовое тело

в прямом смысле слова пустить споры на ветер. Вот и стремятся грибы приподнять шляпку со спорами как можно выше над почвой, чтобы с толком использовать малейшее дуновение ветерка. Но на один лишь ветер грибы в таком важном деле, как распространение потомства, не рассчитывают.

Поедая плодовые тела грибов (в том числе и ядовитые для человека **мухоморы**), лоси, зайцы, белки и мыши служат делу распространения спор, точно так же как птицы распространяют семена рябины или черемухи. Споры грибов без повреждений проходят через пищеварительный тракт животных и не только разносятся ими на значительные расстояния, но и высеваются в почву вместе с удобрением.

Нередко, срезав великолепный яркий гриб, мы обнаруживаем, что он нашпигован

крохотными червячками — личинками грибных комариков. Раздражению нашему тогда нет предела. И напрасно: именно этим комарикам мы обязаны широким распространением, вкусом и красотой грибов, как пчелам — красотой и запахом цветков. Цветы стали такими красивыми и душистыми для привлечения насекомых-опылителей, а грибы обогатили свой вкус и запах и приобрели привлекательную окраску для завлечения насекомых. Развив-

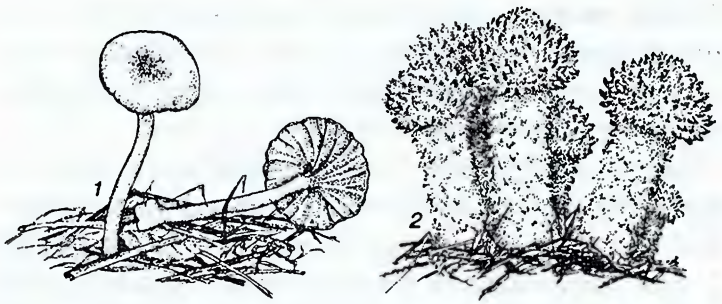
Сморчок

шиеся из «червячков» комарики, вылезая из плодового тела гриба, разносят его споры на далекие расстояния, расселяя наши любимые **белые и сыроежки.**

Особая группа **сумчатых грибов** (наиболее известны из них **сморчки и строчки**) использует свои уникальные артиллеристские способности. При созревании давление в **сумках**, где созревают споры этих грибов, увеличивается настолько, что они взрываются, разбрасывая споры на расстояние от 3 до 30 см. Учитывая размеры большинства сумчатых грибов, это совсем не мало.

ГДЕ МОЖНО ВСТРЕТИТЬ ГРИБЫ?

В настоящее время описано около 100 000 видов **грибов.** Растут они по всей планете. В лесах, степях, тундрах и пустынях, высоко в горах, на земле, под землей и даже в темных пещерах можно найти крупные плодовые тела **шляпочных грибов.** Что же касается **плесневых** и других микроскопических представителей грибного царства, то они просто вездесущи. Моря и океаны, почва и воздух буквально кишат ими. **Споры** грибов находили на высоте девяти километров от земной поверхности. Некоторые грибы выбирают для места жительства довольно неожиданные субстраты. Таковы карбофилы — грибы, поселяющиеся на старых кострищах и гарях. **Грибы-карбо-**



Грибы-карбофилы
1 — омфалина гаревая; 2 — чешуйчатка углелюбивая

филы выполняют в природе довольно важную роль: заселяя бедную почву гарей, они подготавливают плодородный слой для последующих более требовательных грибов и растений.

В нашем представлении грибы неразрывно связаны с дождем. Прошел теплый летний дождь — пора собираться в лес за грибами — дождик-то грибной! Но есть грибы, которые смогли приспособиться к жизни в засушливых степях и пустынях, хотя и трудно придумать более неподходящие для грибов местообитания. В степной и лесостепной зоне нашей страны часто растут те же виды грибов, что и в лесной зоне, особенно виды, растущие на опушках и лесных полянах. Как правило, их **грибница** уходит на значительную глубину в почву, благодаря чему они хорошо обеспечены влагой, а основной период «плодоношения» приурочен к весне — началу лета, когда влажность и почвы, и воздуха еще значительна. Так, **шампиньон полевой** в лесной полосе «плодоносит» в ос-

новном с июля по сентябрь, а в степной зоне его плодовые тела можно встретить в мае–июне.

Другое приспособление к засушливым условиям — толстая оболочка, хорошо защищающая плодовое тело от действия ветров и высокой температуры. У пустынного гриба **сепультарии песчаной** плодовые тела практически полностью погружены в песок — на поверхности остается небольшой спороносный участок. У многих видов грибов встречается еще одно интересное приспособление к жизни в песчаных пустынях: на **гифах**, идущих в глубокие слои почвы, образуются песчаные футляры. Выделяемые грибами вещества цементируют песок, и вокруг тяжей формируются мелкие капилляры, по которым вода из почвы поступает в грибницу и плодовые тела. Песчаные футляры образуются только в условиях пустынь, в других местах они не встречаются даже у тех же видов.

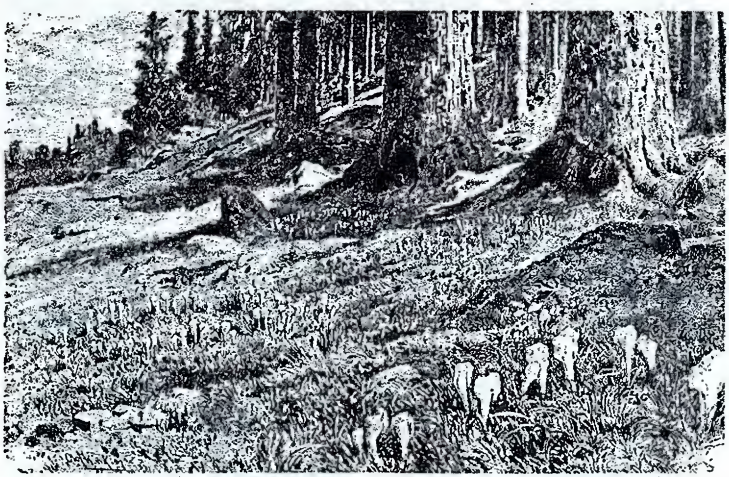
ВЕДЬМИНЫ КРУГИ

Собирая грибы, иногда можно натолкнуться на так называемые **«ведьмины круги»**, или «ведьмины кольца», — плодовые тела грибов, растущие по кругу.

Жители Древней Руси думали, что кольца грибов вырастают на том месте, где при свете луны водили хоровод ведьмы, поэтому эти круги и получили такое сказочное название.

Легенда красивая, но, увы, ученым всегда по давай естественную причину каждого явления Так что, если вы не верите в ведьм, давайте по ищем научное объяснение роста грибов по кругу.

Дело тут вот в чем. Грибница постоянно разрастается вширь (помните, одно из свойств грибов, сближающее их с растениями, — непрерывный рост?), постепенно отмирая в середине. Со временем в центре разросшейся грибницы образуется «лысина», и плодовые тела появляются только по краям. Одновременное отмирание грибницы в центре и ее нарастание по периферии происходит потому, что гриб постепенно «выедает» из почвы питательные вещества, как органические, так и неорганические. Особенно интенсивно гриб потребляет азотистые соединения. Об этом свидетельствует то, что трава внутри круга реже и ниже, а



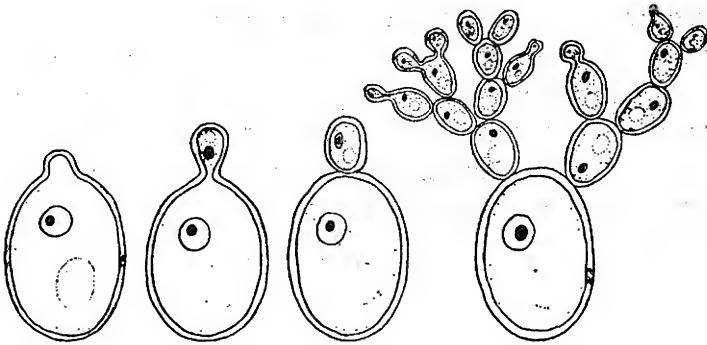
Ведьмины кольца

иногда даже слегка желтеет от недостатка азотного питания.

Грибные круги могут разрастаться до очень больших размеров: диаметром 70 и даже 200 м. За год грибница нарастает на 10–12 см. Нетрудно рассчитать, что «ведьмин круг» диаметром 70 м может достигать возраста 500 лет!

ГРИБЫ НА СЛУЖБЕ ЧЕЛОВЕКУ

Человек с древнейших времен использует некоторые свойства грибов. Применение **дрожжей** для приготовления вина из соков фруктов и ягод и пива из зерен злаков уходит корнями в доисторические времена. Остатки пивоварен и хлебопекарен, которые были построены 2000 и даже 6000 лет до н. э., находят при раскопках в Междуречье и Египте. В основе получения вина, пива и дрожжевого теста лежит способность дрожжей превращать сахара фруктового сока и ячменного солода в спирт и углекислый газ. Не надо думать, что дрожжи занимаются этими превращениями «из любви к искусству» — таким образом они получают энергию, необходимую им для жизни. Конечно, в те далекие времена еще ничего не было известно про дрожжи — микроскопические одноклеточные грибки. Впервые дрожжи увидел, описал и зарисовал уже знакомый нам **Антони ван Левенгук**, открывший человечеству мир микроорганизмов. **Луи Пастер** —



Почкование дрожжей

основоположник микробиологии — был первым, кто выяснил, что между процессом **брожения** и дрожжами есть прямая связь.

С помощью дрожжей были сделаны несколько очень важных открытий, имеющих общебиологическое значение. Так, в 1897 году **братья Бюхнеры** случайно открыли **ферменты**, или энзимы, — вещества, ускоряющие и направляющие химические превращения внутри клеток. Они пытались приготовить экстракт из пивных дрожжей для медицинских целей и для этого отжимали сок из клеток дрожжей на механическом прессе. Добавив к бесклеточному соку в качестве консерванта сахар, они с удивлением обнаружили, что «законсервированный» сок начал бродить. Это означало, что внутри клеток дрожжей (сами клетки были уже разрушены) содержатся вещества, с помощью которых сахара превращаются в спирт и углекислый газ. Теперь мы знаем, что процесс брожения происходит под действием смеси энзимов, со-

держащихся в клетках дрожжей. Слово «энзим» происходит из греческого языка и означает «в дрожжах». Второе название этих веществ — ферменты — происходит от латинского слова «fermentum» — брожение. Однако ферменты-энзимы есть не только у дрожжей и осуществляют не только брожение, а почти все реакции внутри абсолютно всех организмов.

Ферменты — неотъемлемые компоненты живого. Именно с их помощью происходят удивительные превращения веществ внутри клеток: дыхание, превращение сахара в крахмал (и обратно) в организме растений, превращение гликогена в глюкозу (и обратно) в организме животных и грибов, разрушение целлюлозы и лигнина древесины плесневыми грибами и бактериями и многие другие. Вспомните, азотфиксирующие бактерии способны связывать атмосферный азот, превращая его в соли аммония, доступные растениям. Как удается этим бактериям сделать то, чего современная техника может достичь только при температуре +400 °С и давлении 200 атмосфер?! Как могут гидрофильные бактерии «сжигать» водород, не взрываясь при освобождении огромного количества энергии?

Все эти реакции происходят в живой клетке только с помощью и под контролем ферментов. Каждый фермент можно сравнить со станком, нарезающим свою деталь. А «деталь» — это вещество, которое подвергается изменениям. Ферменты запускают определенные реакции,

определяют направление, в котором будет проходить превращение какого-либо вещества, и оказывают влияние на скорость этих реакций, замедляя или ускоряя их. Ферменты, словно диспетчеры на высокотехнологичном промышленном предприятии, ведут постоянный контроль за процессами производства и разрушения разных веществ в живых организмах. Без этого контроля даже обычный процесс дыхания мог бы разрушить клетку. Нерегулируемый процесс быстрого окисления органических веществ можно видеть, когда мы разводим костер. Внутри клетки «сгорание» контролируется ферментами и называется уже не горением, а дыханием.

В природе дрожжи встречаются на опавших плодах, ягодах и листьях растений. Их легко увидеть весной, во время сокодвижения. Вам, наверное, приходилось находить поврежденные стволы **берез**, из которых вытекает сок. Если прийти туда через несколько дней, вы увидите, что место, откуда вытекал сок, превратилось в розоватую кашицу, живую массу дрожжевых грибков, которые поселились на богатом сахарами субстрате.

ГРИБЫ-ВРАЧИ

Многие грибы, особенно микроскопические, образуют ценные вещества: витамины, органические кислоты (например, лимонную

и глюконовую) и ферменты. Всем известны лекарственные вещества, называемые антибиотиками, — их тоже вырабатывают грибы.

А. Флеминг

Антибиотики — особые вещества, которые подавляют рост других организмов (например, бактерий) и применяются при лечении многих заболеваний человека. Первый антибиотик — **пенициллин** — был открыт в 1928 году шотландцем **Александром Флемингом**. Грибы рода **пеницилл** (*Penicillium*, читается: пенициллиум) давно известны ученым, да и вы наверняка не один раз сталкивались с зеленоватым налетом, который появляется на залежавшихся продуктах, и не догадывались, что перед вами знаменитый пеницилл. Флеминг, естественно, также был знаком с этим плесневым грибком, но на его чудесные свойства наткнулся совершенно случайно, как это часто бывает в науке. В чистую культуру бактерий стафилококков, вызывающих гнойную инфекцию, случайно упала **спора** одного из видов пеницилла (*Penicillium notatum*), и произошло удивительное. Вокруг проросшей споры образовалось свободное пространство,

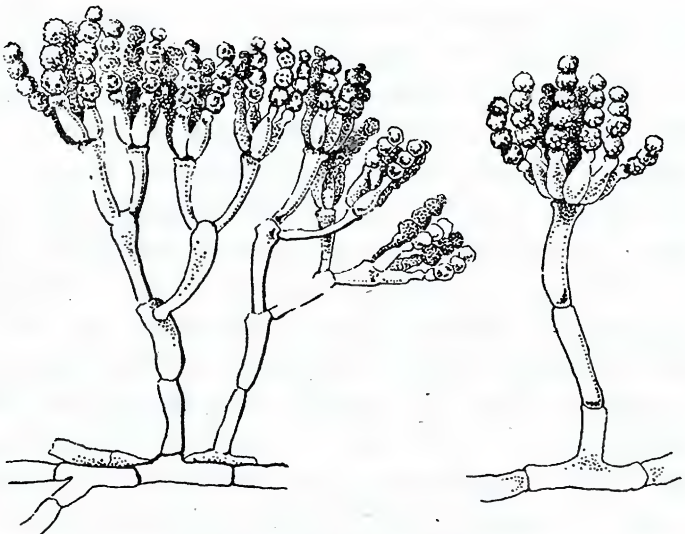
где бактерии стафилококков были полностью уничтожены. Это случайное наблюдение натолкнуло Флеминга на мысль получить из плесени средство от нагноения, вызываемого стафилококками. Десять лет спустя в США удалось наладить массовое производство нового лекарственного препарата. Пенициллин эффективен и при лечении многих других заболеваний, включая пневмонию, скарлатину, дифтерит. (Кстати, не путайте названия самого гриба пенициллa и его продукта — вещества пенициллина!)

Следом за пенициллином были открыты многие другие антибиотики, и сейчас ведется интенсивный поиск всё новых и новых лекарственных веществ. Такое внимание к грибам не случайно. По характеру обмена веществ грибы занимают промежуточное положение между растениями и животными, поэтому мы вправе ожидать, что среди грибов удастся найти такие вещества, какие ни растения, ни животные образовывать не могут.

Вернемся к антибиотикам и подумаем, зачем могли возникнуть у грибов вещества, убивающие бактерий? Количество микроорганизмов, населяющих каждый комочек почвы, каждую капельку воды, настолько огромно, что его невозможно представить. Например, на 1 $см^2$ стопы человека обитает около 2 млн. бактерий. Чтобы отвоевать себе место для жизни, микроскопические грибы просто вынуждены применять «химическое оружие» против

многочисленных конкурентов. И война эта ведется не только с бактериями, но и со своими же грибами. Оставьте кусочек корочки от сыра или хлеба в полиэтиленовом пакете (или как говорят микробиологи, произведите посев), и уже через несколько дней его украсят разноцветные островки плесени всех размеров и сортов. При этом каждая из них будет расти своей отдельной колонией. Все эти разные грибы питаются одним и тем же продуктом, т. е. конкурируют за пищевые ресурсы и за пространство для жизни. И всем им, чтобы выжить и оставить свое многочисленное потомство, заключенное в споры, необходимо сдерживать рост других колоний грибов. В этом им помогают антибиотики. Получается, чем сильнее «химическое оружие» организма, тем больше у него шансов на выживание. Так на протяжении миллионов лет и поныне, словно химики в лаборатории, микроскопические грибы неустанно создают новые всё более и более эффективные антибиотики, помогающие им победить в борьбе с другими видами микроорганизмов, и вслед за ними так же упорно микробиологи ищут эти чудесные вещества, чтобы поставить их на службу человеку.

Большое экономическое значение имеют и другие грибы из рода *Penicillium*. Одна из таких плесеней — *Penicillium roquefortii* (читается: пенициллиум рокфорти) — впервые найдена в пещерах вблизи французской деревни Рокфор. Согласно легенде, крестьянский мальчик



Разные виды пенициллa отличаются строением спороносных органов

забыл свой завтрак — кусочек обычного свежего сыра — в одной из пещер, а вернувшись через несколько недель, нашел на его месте ароматный сыр с цветными разводами. Настоящий сыр «Рокфор» с тех пор изготавливается только в этом районе Франции. Другой вид этого рода — *P. camembertii* — придает специфические вкусовые качества сыру «Камамбер». В промышленности лимонную кислоту в больших количествах получают из колоний **аспергилла** (*Aspergillus*), выращенных в сильно кислой среде.

Теперь давайте обратим внимание на **шляпочные грибы.** Полезные свойства некоторых из них уже получили широкое применение, действие других пока установлено только в

экспериментах. Вот лишь некоторые примеры. **Псилоцибин и псилоцин** — вещества, продуцируемые грибами из рода *Psilocybe* (**псилоцибе**), врачи пытаются применить для лечения психических заболеваний. Препараты из **чаги** (стерильной, т. е. неспособной к размножению, формы **трутовика скошенного**) увеличивают сопротивляемость раку и используются для лечения язвенной болезни, гастритов и других желудочно-кишечных заболеваний. Фермент **руссулин**, вырабатываемый одним из видов **сыроежек**, используется при производстве сыра. Грибница шляпочного гриба **коллибии (денежки) слизистой** образует антибиотическое вещество **муцидин**, активно подавляющее рост микроскопических плесневых грибов. Сейчас во многих странах это вещество производится в виде препарата **«муцидермин»**, который применяется при лечении грибковых заболеваний человека. **Зимний гриб**, или **фраммулина бархатистая**, или зимний опёнок (этот гриб в самом деле можно собирать из-под снега!) содержит антираковое и антивирусное вещество **фраммулин**, которое в опытах на животных значительно задерживало рост раковых опухолей.

Даже в самых «обыкновенных» шляпочных грибах исследователи находят ценные вещества. Из **белого гриба** выделили соединение, которое в экспериментах на животных также подавляло рост раковых опухолей. Другой популярный съедобный гриб — **рыжик**

Рыжик обыкновенный, или благородный

обыкновенный. Содержащееся в нем вещество — **лектаровиолин** — обладает антибиотическим действием, оно сдерживает размножение туберкулезной палочки.

Грибы играют огромную роль и в жизни современного человека, и в природе. В этой кни-

ге мы лишь приоткрыли дверцу в сложный и удивительный мир грибов. Теперь, прежде чем сковырнуть ногой подвернувшийся мухомор, вспомните о том, что этим вы навредите не только мухомору, но и деревьям, растущим по соседству, и животным, для которых этот гриб является пищей, лекарством, а иногда и местом жительства.

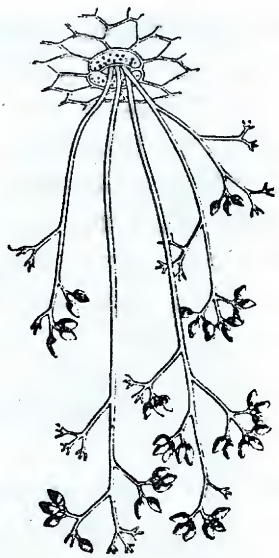
ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ ЧТО...

◆ В кишечнике плодовой мушки дрозофилы постоянно находятся дрожжи, главным образом те виды, которые обитают на поверхности плодов и ягод, которыми мушка питается. Откладывая яйца на мякоть плодов, дрозофила одновременно вводит туда и дрожжи. Находясь в благоприятной среде, дрожжи активно размножаются и образуют значительную биомассу, которой питаются вылупляющиеся из яиц личинки. Взрослые мушки, перелетая на новые фрукты, переносят и распространяют дрожжи.

◆ Среди **дрожжей де Бари**, выделенных из морской воды, рассолов, из солонины, есть виды, которые хотя и медленно, но могут расти в почти насыщенных растворах поваренной соли.

◆ Плодовое тело гриба растет около 10 суток. Не следует собирать маленькие грибы. Сбор четырехдневных грибов дает за сезон урожай 60 кг с гектара, а сбор семидневных — 100 кг.

♦ Паразитический гриб **фитофтора** поражает вегетативные органы и клубни картофеля. В середине XIX века эпидемия фитофтороза, или картофельной болезни, стала причиной страшного голода, поразившего Европу. В Ирландии, где основным продуктом питания для местного населения был картофель, от голода погибло 2 млн. человек.



Гифы фитофторы, высовывающиеся из устьиц листьев картофеля

♦ Ферменты (энзимы) ряда грибов применяются для различных целей: пектиназы — для осветления фруктовых соков; целлюлазы — для разрушения остатков бумажных отходов и переработки древесины; протеазы (от слова «протеин» — белок) — для обработки туш животных в мясоперерабатывающей промышленности; амилазы — для разрушения крахмала с получением глюкозы и других сахаров. Во Вьетнаме при помощи ферментов некоторых плесневых грибов изготавливают соевые соусы.

♦ Грибы из рода фузариум продуцируют ростовое вещество — гиббереллин. Обработка растений гиббереллинами повышает их продуктивность: увеличивает завязывание плодов,

ускоряет зацветание декоративных растений и рост газонной травы.

♦ Нектар цветов представляет собой раствор сахарозы, глюкозы и фруктозы с витаминами. Это — идеальная среда для развития дрожжевых грибков. С цветка на цветок они переносятся с помощью насекомых-опылителей, например пчел.

♦ Очень опасна вредоносная деятельность грибов в книгохранилищах и музеях. Грибы разрушают книги, используя для питания клей, ткани, бумагу, кожу, краски, нитки, т. е. вещества, составляющие книгу. Они способны в течение трех месяцев разрушить от 10 до 60% волокон бумаги. Грибы могут снижать прочность бумаги до 50%. Все это может привести к разрушению очень ценных книг. Известно более 200 видов таких «любителей чтения».

♦ **Березовая губка**, или **трутовик березовый**, — однолетний трутовый гриб, растущий только на мертвых березах. Его плодовые тела белого цвета, мягкие, с совершенно гладкой поверхностью, за что в народе этот гриб иногда называют «беличьим мыльцем». Березовый трутовик можно назвать грибом художников: из него раньше изготавливали рисовальный уголь.

♦ Свое название трутовый гриб **печеночница** получил не только за кроваво-красный цвет, но и за мясной вкус. Англичане называют печеночницу «грибным бифштексом». Жареный, гриб и вправду напоминает бифштекс.

Растет печеночница на пнях и на живых стволах дуба и каштана. В Подмосковье встречается крайне редко.

♦ Почвенный грибок **гистоплазма капсулятум** (*Histoplasma capsulatum*) вызывает смертельно опасную инфекцию легких человека — гистоплазмоз. Опасность представляют мельчайшие споры гриба, которые могут попасть в легкие вместе с пылью. Гистоплазма встречается в районах с влажным тропическим климатом на богатой органикой почве. В огромных количествах гриб встречается в гнездах и норах птиц и в пещерах, которые служат убежищем летучим мышам. Пребывание в пещерах, где обитают летучие мыши, особенно опасно, потому что летучие мыши тоже подвержены заболеванию гистоплазмозом и их поселения являются рассадником инфекции. Воздух пещер насыщен взвешенными в воздухе спорами, поэтому находиться там без респираторов очень опасно. В прежние времена в Центральной и Южной Америке жертвами «пещерной болезни» становились заготовители гуано летучих мышей.

ВОДОРОСЛИ

НИЗШИЕ РАСТЕНИЯ

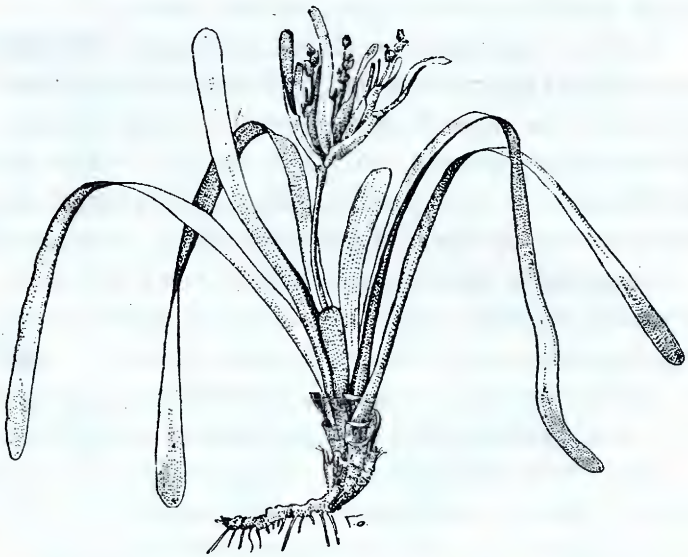
У ботаников принято делить все **растения** на **высшие** и **низшие**. В обыденной жизни мы с вами встречаемся в основном с высшими растениями, т. е. с теми, у которых есть листья, стебли и корни. К высшим растениям относятся **мхи, плауны, хвощи** и **папоротники**, размножающиеся спорами, **голосеменные**, чьи семена лежат голо на чешуйках шишек, и **цветковые (покрытосеменные)** растения, имеющие цветы, плоды и семена. К низшим растениям относятся **водоросли**. Мы сталкиваемся с ними значительно реже, например, гуляя по пляжу или открывая банку с морской капустой, но это не значит, что водорослей на земле мало, просто они не бросаются в глаза.

Слово «водоросль» подразумевает, что эти организмы растут в воде. Действительно, большинство из них ведут водный образ жизни. Но неверно думать, что водоросли — это все растения, которые растут в воде. Во-первых, водоросли могут жить и на суше. Вам, наверное, приходилось видеть зеленый налет на водосточных трубах, срубах колодцев, при основании деревьев, на камнях вблизи ручьев — везде, где влажность воздуха достаточно высока. Этот зеленый налет и есть наземные водоросли.

Большое количество водорослей населяет почву. Иногда водоросли разрастаются так сильно, что можно наблюдать позеленение ее верхнего слоя. Есть особая группа наземных

водорослей, растущих на поверхности снега и льда. **Снежная хламидомонада** окрашивает снег в кроваво-красные оттенки. **«Красный снег»** может покрывать пространство в несколько квадратных километров! Другие снежные водоросли (всего их обнаружено более 100 видов) окрашивают снег в зеленый, желтый, голубой, бурый и даже черный цвета!

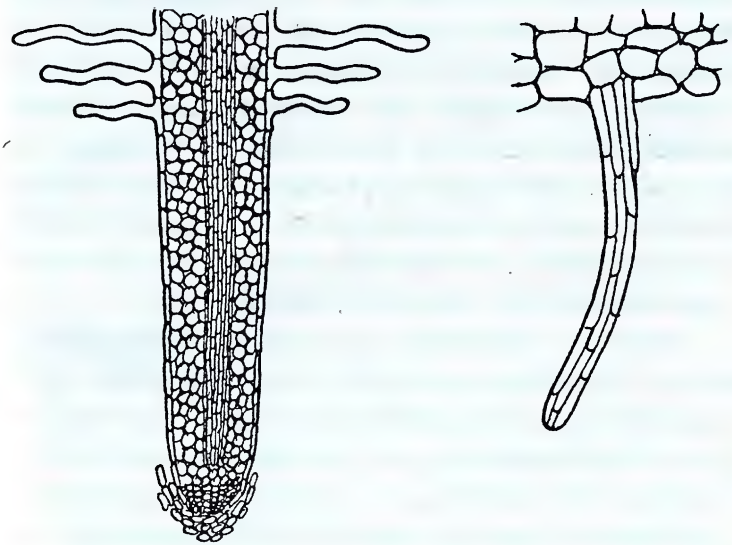
Во-вторых, в воде, кроме водорослей, можно встретить некоторые высшие растения: и цветковые, и папоротники, и мхи. Их предками были обычные наземные растения. Водоросли же возникли в морях и океанах задолго до того, как первые высшие растения появились на поверхности Земли. Как группа, водоросли сформировались в водной среде и с тех



Посидония — вторичноводное цветковое растение

пор так и не порвали с ней связи, поэтому их еще называют первичноводными. В отличие от них высшие водные растения прошли долгий путь от водных предков к сухопутным, а потом вновь во второй раз перешли к жизни в воде. Название вторичноводные отражает их эволюционный путь: из воды на сушу и снова в воду.

Почему водоросли относят к низшим растениям? Такое название должно отражать простоту их строения. Действительно, некоторые водоросли устроены очень просто. Весь их организм состоит из группы одинаковых клеток, собранных в нитчатое или пластинчатое **слоевище** (тело водоросли), которое прикрепляется к грунту с помощью нитевидных **ризоидов**. Обратите внимание, что несмотря на некоторое



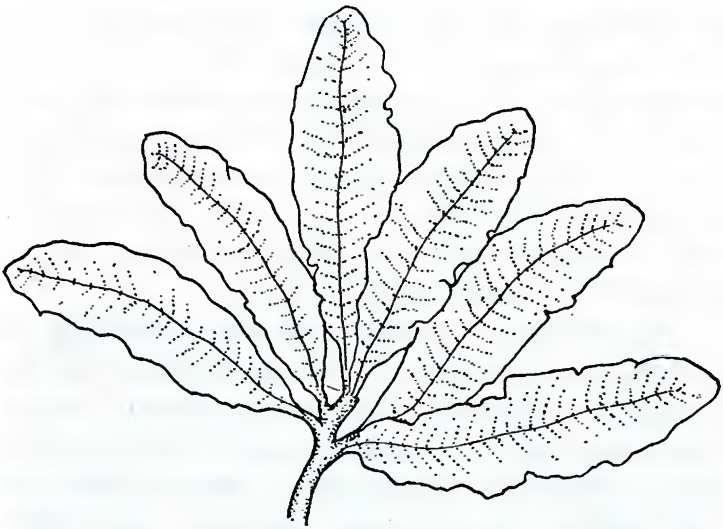
Сравнение строения ризоидов и корней

сходство, ризоиды и корни — это совсем не одно и то же: корни многоклеточные органы, а ризоиды одноклеточные или состоят из нескольких клеток. Такое примитивное строение имеет морская водоросль **ульва**, известная под названием **«морской салат»**. Ее зеленое слоевище толщиной в два слоя клеток может достигать длины более 1 метра.

Но среди **красных** и **бурых водорослей** встречаются растения, у которых слоевище сложно ветвится, образуя подобие побегов и листьев. Внешне эти водоросли почти ничем не отличаются от папоротников с их сложно рассеченными перистыми листьями. Но в том-то и дело, что сходство это чисто внешнее.

Даже у самых сложно организованных водорослей нет ни листьев, ни стеблей, ни корней, как у высших растений. У водорослей отсутствуют ткани, из которых состоят органы высших растений. Их слоевище образовано почти одинаковыми клетками, и каждая — мастер на все руки: фотосинтезирует, поглощает из воды минеральные соли, хранит запасы питательных веществ, почти каждая может образовать органы размножения.

Органы высшего растения «поделили» между собой разные функции: в листьях происходят процессы фотосинтеза и испарение воды, стебли транспортируют минеральные и органические вещества, а корни удерживают растение в почве, поглощают минеральные растворы, иногда запасают питательные веще-



Делессерия — водоросль с разветвленным слоевищем

ства. Выполнение всех этих функций обеспечивается устройством тканей, из которых состоит тот или иной орган: механические ткани побегов придают растению прочность, по сосудам и ситовидным трубкам происходит транспорт воды с растворенными веществами, в запасающей ткани откладываются питательные вещества, фотосинтезирующая ткань содержит хлорофилл и осуществляет фотосинтез.

Простота строения водорослей легко объяснима их водным образом жизни. Всё тело низших растений окружено водой, из которой они получают и минеральные вещества, и кислород, и углекислый газ. Зачем же «изобретать» проводящую систему и отращивать корни, если каждая клетка и так получает всё

необходимое из окружающего раствора? Вода поддерживает водоросль во взвешенном состоянии, так что механические ткани ей тоже ни к чему. Водная среда не способствует усложнению строения растительных организмов — всё дается им слишком легко, вот и получается, что все водоросли устроены очень однообразно и просто: слоевище да ризоиды.

Водоросли — самые первые растения на Земле, но и сейчас они продолжают властвовать в морских глубинах. Вторичноводные растения могут расти на глубине не более 2–3 метров, а водоросли способны к погружению на 150–200 м, именно они заселяют основную площадь глубин и мелководий морей и океанов, образуя настоящие подводные леса. Такие «леса» дают приют и пищу многим животным. Бурые водоросли **ламинарию** и **макроцистис** поедают морские ежи. В зарослях на мелководьях у побережий Африки, обеих Америк и Азии пасутся крупные морские травоядные животные ламантины и дюгони. Среди водорослей нет ядовитых или колючих растений, поэтому многие животные не прочь полакомиться легко доступной пищей. Защитить себя водоросли не могут, единственное, что им остается — расти и размножаться быстрее, чем их едят.

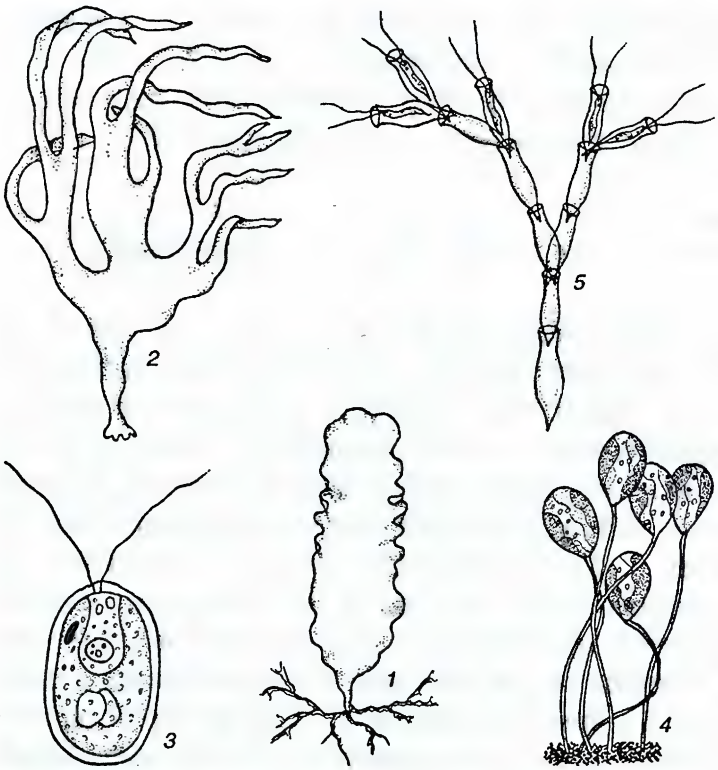
Водоросли продолжают обеспечивать животных пищей и после своей гибели. Креветки, крабы, разнообразные черви и моллюски могут использовать в пищу отмершие части

растений. Вместе с фитопланктоном водоросли являются источником пищи, а значит, энергии для существования всех остальных морских и пресноводных обитателей.

КРАСНЫЙ, БУРЫЙ, ЗЕЛЕНЫЙ...

Все водоросли делят на несколько крупных групп, или отделов, в соответствии с их окраской. Среди них особенно выделяются **бурые, красные** и **зелёные водоросли.** Раньше к водорослям причисляли еще и цианобактерий (см. с. 15), диатомей, эвглен и динофлагеллят (см. с. 77). С этими организмами мы уже познакомились в разделах, посвященных бактериям и простейшим. Все красные и бурые водоросли за несколькими исключениями живут в морях и океанах. В отличие от теплолюбивых красных водорослей, бурые водоросли отдают предпочтение холодным и умеренным водам как северного, так и южного полушария. Представители отдела зеленых водорослей, наоборот, населяют преимущественно пресные водоемы, хотя среди них есть и морские виды, например **ульва**.

Красные водоросли в основном встречаются на глубинах более 35 м, на глубинах от 6 до 30 м преобладают бурые водоросли, а на глубине до 6 м от поверхности воды в основном встречаются зеленые водоросли. Случайно ли такое распределение? Оказывается, нет.



Водоросли: 1 — красные; 2 — бурые; 3 — зелёные; 4 — жёлтозелёные; 5 — золотистые

Давайте вспомним, что мы знаем о цвете с точки зрения физики. Известно, что белый цвет состоит из излучений семи цветов: красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового. Также известно, что цвет предмета определяется тем, какие лучи он отражает от своей поверхности: красные предметы отражают красные лучи, поглощая все остальные. Мы видим, естественно, только

отраженный свет. Так и окраска водорослей зависит от того, какого цвета лучи ими улавливаются, а какого — отражаются.

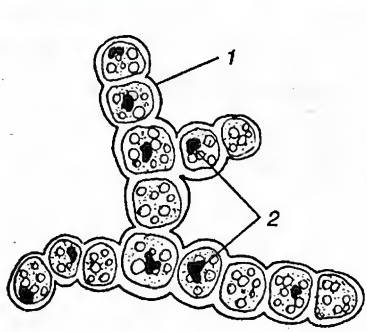
Растениям придают цвет особые вещества — пигменты, с помощью которых они улавливают энергию солнечных лучей. Образно выражаясь, пигменты — это своего рода световые ловушки. На небольших глубинах, где царствуют зеленые водоросли, растения в основном поглощают красно-оранжевые лучи и отражают зеленые. В этом им помогает зеленый пигмент — **хлорофилл.**

Но помимо хлорофилла, имеющегося у всех фотосинтезирующих организмов, у растений есть и другие пигменты. На глубине до тридцати метров, где преобладают желтые лучи солнечного спектра, встречаются в основном бурые водоросли. У бурых водорослей хлорофилл маскируется желто-коричневыми пигментами из группы **каротиноидов.** С каротиноидами вы хорошо знакомы — это они окрашивают морковь и осенние листья в оранжевый цвет. На большие глубины проникают лучи зеленого и голубого цвета. Их улавливают пигменты красных водорослей: голубой — **фитоцианин,** и красный — **фикоэритрин.** Хлорофилл у них тоже есть, но опять же маскируется красными пигментами.

Вообще, низшие растения при всей простоте своего строения демонстрируют удивительное разнообразие пигментов. (Если вы помните, бактерии тоже устроены просто и однотипно,

однако, в биохимическом отношении невероятно разнообразны и изобретательны.) Помимо обязательных для всех растений хлорофилла и каротиноидов, водоросли содержат ряд свойственных только им **пигментов**: фикоэритрины, фикоцианины, фукоксантин, ксантофиллы, а также разновидности хлорофилла, неизвестные высшим растениям. Каждый из этих пигментов улавливает определенную часть спектра солнечного света. Содержание большого набора пигментов позволяет водорослям максимально полно использовать энергию солнца, поэтому в мастерстве светоулавливания низшие растения не знают себе равных. Это позволяет им расти на глубинах, недоступных вторичноводным растениям, и в темных пещерах, куда почти не проникает свет.

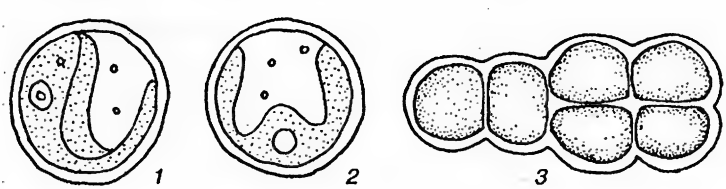
Для жизни на поверхности земли нужны другие приспособления. Как правило, света здесь достаточно, но растения часто испытывают недостаток влаги. Нитчатая зеленая водоросль **трентеполия** часто поселяется на коре старых деревьев, окрашивая их стволы в кирпично-красный оттенок. Особенно красиво смотрятся налеты трентеполии на белом фоне коры берез.



Трентеполия
1 — толстостенные оболочки; 2 — капли масла

Яркую окраску слоевищу водоросли придают капли оранжевого масла, содержащиеся в каждой клетке. Зимой водоросли промерзают насквозь, а в сухое лето временами совершенно высыхают, впадая в анабиоз, но все же сохраняют жизнеспособность, и, как только влажность увеличивается, снова пускаются в рост. Для продолжения роста трентеполия использует любую возможность: капли тумана и росы, брызги дождя. Клетки трентеполии защищены от высыхания толстыми слоистыми оболочками, а капли масла, запасающиеся в цитоплазме клетки, водоросль, вероятно, использует в качестве внутреннего источника воды, как верблюд использует жир в горбу, — дело в том, что при расщеплении жиров образуется большое количество воды.

В стремлении жить на суровой, негостеприимной суше трентеполия не одинока. К ее «коллегам» относится и зеленая водоросль **плеврококк**, образующая порошковатые ярко-зеленые налеты у основания деревьев и пней. На суше во влажных местах могут встретиться и разнообразные виды **хлореллы** и **хлорококка**, обычно живущих в водоемах.



1 — хлорелла; 2 — хлорококк; 3 — плеврококк

Плеврококк, хлореллу и хлорококк мы с вами только что отнесли к одноклеточным зеленым водорослям, а так похожие на них хламидомонаду, вольвокс, эвдорину и гониум, если вы помните, мы рассматривали в главе «Простейшие». Так кто же они, в конце концов?! Еще совсем недавно все перечисленные выше организмы без колебаний относили к зеленым водорослям. Однако многие из этих «водорослей» имеют совсем не растительные признаки: активно передвигаются, лишены клеточной стенки из целлюлозы, характерной для всех растений, некоторые не содержат хлорофилл. Сейчас доказана способность почти всех этих «водорослей» поглощать готовые органические соединения. Поэтому некоторые ученые стали причислять их к царству **простейших.** Правильнее, наверное, было бы сказать, что одноклеточные зеленые водоросли — это промежуточная группа организмов, одной ногой стоящая в царстве простейших, а другой — в царстве растений. Вот и приходится рассказывать о них и как о простейших, и как о растениях.

Не менее 2000 видов водорослей встречаются в почве. Особенно интенсивно почвенные водоросли развиваются в условиях тепла и повышенной влажности. При благоприятных условиях их масса может достигать 300 кг/га. Это вполне сравнимо с численностью почвенных грибов.

Основное количество водорослей сконцентрировано в самых верхних слоях почвы: до

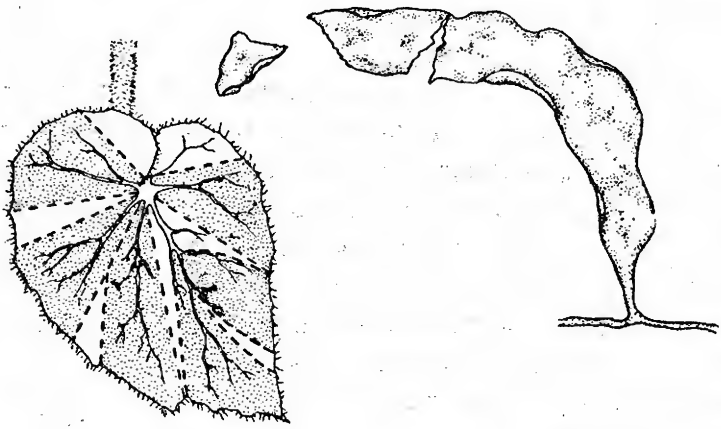
глубины 2 см. Глубже 10–20 см число водорослей ничтожно, там уже совсем нет света.

Почвенные водоросли способствуют накоплению органического вещества. Их остатки вовлекаются в процесс создания перегноя грибами и бактериями. Но особенно важна почвообразующая роль водорослей там, где не могут расти высшие растения. На пустынных такырах или промышленных отвалах нет ни опавшей листвы, ни сухостоя, ни валежника. Здесь водоросли являются единственными источниками органических веществ для многочисленного животного населения: простейших, почвенных клещей, нематод, многоножек, дождевых червей, личинок насекомых. Вся эта масса живых существ, отмирая, становится материалом для создания тонкого слоя почвы, на котором позже поселяются высшие растения.

Водоросли способствуют улучшению структуры почвы и даже уменьшают процесс выветривания. Слизистые чехлы клеток склеивают почвенные частицы, а нитчатые водоросли оплетают их густой сетью, удерживая на месте.

ДВУЛИКИЕ ВОДОРОСЛИ

Как почти все растения, водоросли размножаются бесполым и половым путем. Бесполое размножение, т. е. размножение без образования половых клеток, может быть вегетативным или споровым.

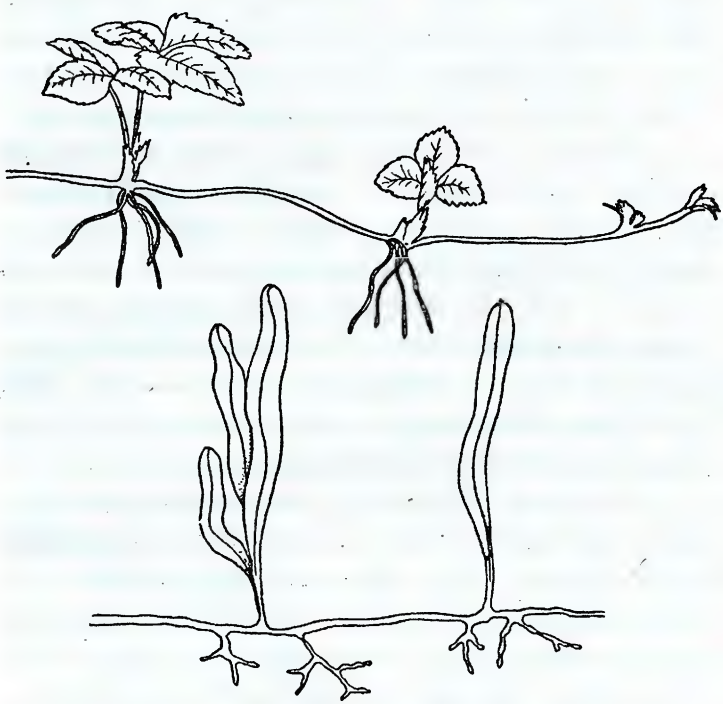


Вегетативное размножение бегонии (слева) и водоросли (справа) «кусочками»

Вегетативное размножение водорослей очень похоже на то, что мы наблюдаем у высших растений. **Слоевище** водоросли под действием волн или в результате повреждения животными может разрываться на кусочки, и каждый такой кусочек обычно прорастает в новое слоевище, так же как разрезанный на кусочки лист комнатного растения **бегонии** дает начало многим самостоятельным растениям. На слоевищах бурых водорослей образуются специальные выводковые «почки», которые, опадая, дают начало новым слоевищам. Этот процесс очень напоминает образование выводковых почек у водного папоротника **болбитиса** (см. с. 262) или у комнатного растения **бриофиллума**, которое в народе называют «доктором». Есть водоросли, образующие одно- или многоклеточные «клубеньки», кото-

рые прорастают в новые слоевища после зимовки, другие отделяют стелющиеся «побеги», на которых вырастают новые слоевища. Такие «побеги» очень похожи на усы **земляники** или комнатного растения **хлорофитума**.

Споровое размножение водорослей происходит с помощью мельчайших клеточек — **зооспор**, что означает «животные споры». Приставка зоо- подчеркивает их сходство с животноподобными простейшими — как и они, зооспоры подвижны и плавают с помощью двух



Вегетативное размножение земляники (сверху) и водоросли (снизу) «усами»

жгутиков. Есть правда, водоросли, **споры** которых лишены жгутиков, такие споры называются просто спорами, без всяких приставок. Споры или зооспоры образуются в клетках, которые называются соответственно **спорангии** или **зооспорангии**. Выйдя наружу, подвижные или неподвижные споры дают начало новому слоевищу водоросли.

Наверное, у вас сразу же возник вопрос, зачем возникло споровое размножение, если растение может размножаться вегетативно? Дело в том, что при вегетативном размножении растение постепенно стареет. Представим, что от слоевища водоросли отделилась выводковая «почка». Ее возраст будет равен возрасту материнского растения. Чуть позже она прорастет в слоевище. С каждым месяцем возраст нового слоевища будет увеличиваться, поэтому его выводковые почки станут немного старше, чем та, которая дала начало этому слоевищу и так далее. Слоевище, которое выросло из очень старой выводковой почки, уже не может образовывать вегетативные органы размножения и отмирает, не оставив после себя потомства. Избежать такого «потомственного старения» можно с помощью спорового размножения. При образовании (зоо)спор происходит процесс омоложения клеток. Правда, о том, как это происходит, известно пока очень мало. Проблема старения и омоложения остается одной из самых захватывающих тайн современной биологии.

Саргассово море получило свое название от скоплений плавающих на его поверхности **саргассовых водорослей.** Эти бурые водоросли длиной до 1 метра плавают на поверхности воды благодаря воздушным пузырям, образуя сплошной слой растительной массы, которая делает невозможным судоходство в этом районе Атлантического океана. Такая «гуща» водорослей образуется только за счет вегетативного размножения. Да другого у саргассов Саргассова моря и быть не может. Его глубина достигает 7110 м, поэтому водоросли могут расти, только плавая на поверхности. Но у низших растений есть одна особенность: плавающие, не прикрепленные ко дну слоевища никогда не размножаются ни споровым, ни половым путем. Так что саргассам, обитающим в Саргассовом море, приходится довольствоваться вегетативным размножением.

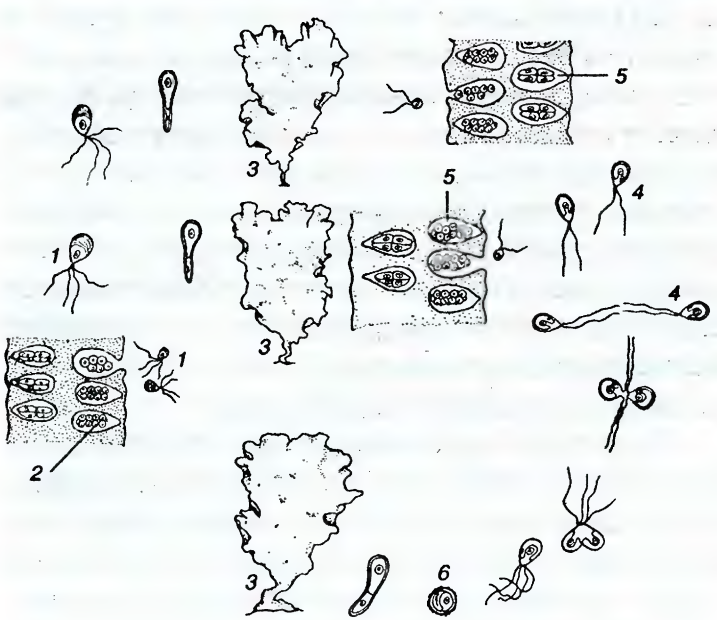
Воздушные пузыри саргассума

Но, как мы уже выяснили, бесконечное вегетативное размножение неизбежно ведет к старению и отмиранию слоевищ. А саргассы

процветают и отмирать не собираются. Возможно, эти водоросли продолжают существовать в Саргассовом море только за счет постоянного притока новых «свежих» слоевищ с мелководий, где растут их прикрепленные формы. Куски слоевищ легко отрываются и дрейфуют вместе с течениями, скапливаясь в огромных количествах в спокойных водах океана. Одним из таких мест как раз является Саргассово море — гигантская воронка, в которой водные массы движутся по кругу. Куски слоевищ, попадая в этот котел, уже не могут покинуть его пределов. Они живут там до тех пор, пока не погибают от старости, а на их место течения приносят новые слоевища саргассов.

Однако споровое размножение имеет и другое преимущество: астрономическое количество зооспор. На одном слоевище бурой водоросли **ламинарии** их образуется до 12 миллионов. Когда вся эта масса выходит из зооспорангиев, над зарослями «морской капусты» мутнеет вода. За счет такого количества спор споровое размножение позволяет в короткие сроки резко увеличить численность вида. Таким образом, с помощью бесполого размножения организм удовлетворяет стремление как можно быстрее оставить как можно больше потомков. Кроме того, подвижные зооспоры, расплываясь подальше от материнского растения, способствуют расселению вида, ну а неподвижные споры могут разноситься течениями или распространяться с помощью животных.

Наконец, у водорослей есть и половое размножение, суть которого заключается в слиянии двух разнополых клеток (они называются гаметами) с образованием зиготы. Как (зоо)споры образуются в особых клетках — спорангиях, так и гаметы образуются в **гаметангиях**. Из зиготы после периода покоя или иногда сразу вырастает новое слоевище водоросли. Зигота покрыта плотной оболочкой и способна переносить самые неблагоприятные условия среды: низкие температуры, сезонные изменения химического состава и солености воды. В жизненном цикле водорослей **зигота** —



Бесполое и половое размножение водорослей

1 — (зоо)споры; 2 — (зоо)спорангии; 3 — слоевище; 4 — гаметы; 5 — гаметангии; 6 — зигота

это самое выносливое и жизнестойкое образование, позволяющее переживать по-настоящему трудные времена.

Теперь, когда мы познакомились со всеми способами размножения водорослей (и, как вы увидите дальше, не только их), пора двигаться дальше, но для этого нам необходимо познакомиться с несколькими терминами. **«Спорофитом»** называют растение, на котором образуются споры. Соответственно, **«гаметофит»** — растение, образующее гаметы. Если вы уже решили дочитать эту книгу до конца, постарайтесь их запомнить, они нам не раз пригодятся.

Мы привыкли, что все особи одного вида в общих чертах похожи друг на друга: лисы могут быть рыжими или чернобурыми, но всегда имеют узкую мордочку, четыре ноги и пушистый хвост; птенцы многих птиц вылупляются голыми «уродцами», но у них уже есть голова, крылья, лапы и т. д. А вот у водорослей дело обстоит совсем иначе: глядя на разные стадии их жизненного цикла, вы даже и не заподозрите, что два столь непохожих друг на друга организма относятся к одному виду.

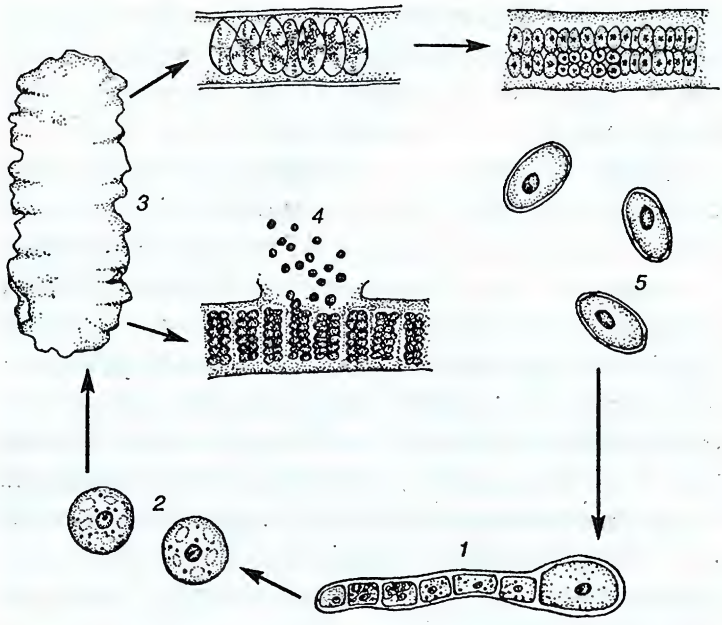
Водоросли существуют как будто в двух разных вариантах: в виде спорофита и гаметофита, и оба варианта могут очень сильно отличаться друг от друга. Например, у бурой водоросли **ламинарии японской** гаметофит имеет микроскопические размеры и состоит всего из нескольких клеток, а спорофит достигает в длину 12 метров. Неудивительно, что в те вре-

мена, когда биология водорослей еще не была изучена, ботаники описывали спорофиты и гаметофиты одного и того же растения как разные и совсем неродственные виды.

Красная водоросль **порфира** в стадии спорофита имеет вид ветвящихся нитей из одного ряда клеток. Нити порфиры поселяются на известковых скалах или раковинах моллюсков, образуя на них ярко-красные пятна. Выделяя органические кислоты порфира-спорофит постепенно растворяет известь и врастает в субстрат. Миниатюрное растение может проникать в известковую породу на глубину 10 мм и более, а раковины моллюсков при этом оказываются просверленными насквозь. Споры, образующиеся на порфире-спорофите, дают начало гаметофиту.

Гаметофит же у порфиры представляет собой листовидное слоевище пурпурного цвета, достигающее у разных видов от 50 см до 2 м в длину. Разбросанные по слоевищу гаметангии производят мужские и женские половые клетки. После слияния этих клеток образуется зигота, которая прорастает на известковом субстрате в нитчатый спорофит.

Изучив жизненный цикл порфиры, трудно сдержать недоумение: «а зачем так сложно?» В самом деле, почему бы из зиготы не вырастать сразу гаметофиту, как это наблюдается, к примеру, у большинства животных (их, правда, не называют гаметофитами). Попробуем ответить на этот действительно непростой вопрос.



Жизненный цикл порфиры

Спорофит (1) образует споры (2), прорастающие в гаметофит (3). Половые клетки (4), сливаясь, дают начало зиготе (5)

Известно, что гаметофиты и спорофиты водорослей отличаются не только размерами и строением, но и разными требованиями к условиям окружающей среды. Например, порфира-спорофит предпочитает слабое освещение и проникает на бóльшую глубину, чем светолюбивый листовидный гаметофит, растущий в приливно-отливной зоне у самого берега. Имея в своем распоряжении и спорофит, и гаметофит, растение получает возможность расти и на глубине, и на мелководье, расширяя область распространения вида.

Гаметофиты и спорофиты водорослей специализируются на разных способах размножения. Спорофит с помощью бесполого размножения быстро наращивает численность (деление с образованием спор происходит гораздо быстрее, чем образование гамет), а гаметофит ответствен за половое размножение и за образование зигот, способных в состоянии покоя переносить длительные неблагоприятные условия. Логично было бы предположить, что водоросль начинает усиленно производить гаметы, как только условия жизни ухудшаются. Так и происходит: при высокой температуре теплолюбивая порфира размножается спорами, а с уменьшением температуры до +15–17 °С начинается образование гамет. Чередуя бесполое и половое размножение, водоросль гибко реагирует на изменение условий существования: хорошие условия способствуют быстрому наращиванию численности, а их ухудшение вызывает переход к устойчивой стадии зиготы.

Как видите, сложный жизненный цикл водорослей увеличивает приспособленность к условиям обитания, а их двуликость оборачивается преимуществом. Каждая стадия жизни служит для выполнения определенных задач: зигота — специалист по переживанию неблагоприятных условий, спорофит увеличивает численность вида, (зоо)споры выполняют функцию расселения, гаметофит производит половые клетки, которые, сливаясь, дают начало зиготе.

Мы не будем останавливаться на изучении жизненных циклов других водорослей, но вы, пожалуйста, не думайте, что все водоросли проводят жизнь так же, как порфира. У низших растений существует не один, а целых четыре типа жизненного цикла, да еще в каждом есть многочисленные разновидности, но как бы ни отличались друг от друга эти варианты, все они служат увеличению приспособленности водорослей к разным условиям обитания.

С НИМИ ВЫГОДНО ИМЕТЬ ДЕЛО

Водоросли обладают огромной продуктивностью. В Баренцевом море годовая продукция сырой массы донных водорослей в среднем составляет 200 т/га, а в Черном море — от 80 до 170 т/га. Если вы сравните эти цифры со средними значениями урожаев культурных растений (менее тонны с гектара), то поймете, что с водорослями иметь дело очень выгодно.

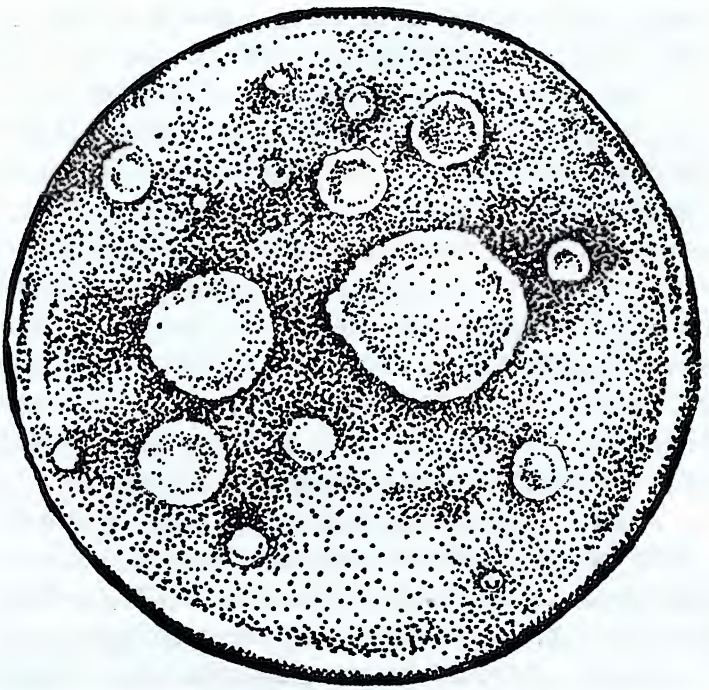
Основное значение в хозяйстве человека играют морские водоросли из отделов **красных и бурых.**

Из красных водорослей получают многие ценные продукты, например **агар-агар, альгиновую кислоту, каррагенан.** Все эти вещества входят в состав клеточной стенки водорослей. Их применяют в качестве отвердителей и желеобразующих веществ в косметике для изготовления кремов, в химической промышлен-

ности при получении лаков, красок и лекарств, для получения глазурованной керамической посуды, в кондитерской промышленности, например для приготовления мороженого. Кондитеры и пекари добавляют в тесто небольшое количество агар-агара, чтобы пирожные, бисквиты и хлеб дольше не черствели. Без агар-агара не обходятся даже при производстве кино- и фотопленки. Это ценное вещество применяют при изготовлении капсул для витаминов и лекарств, отпечатков зубов, а в тропических районах используют как временную защитную оболочку для мяса и рыбы.

Кроме этого, агар-агар является очень удобной твердой средой для выращивания бактерий и микроскопических грибов. Для этого готовят разбавленный раствор агара, добавляют в него необходимые питательные вещества, стерилизуют и дают застыть в желеобразную массу.

Способ выращивания микроорганизмов на твердых средах впервые предложил немецкий микробиолог Роберт Кох. Взглянув однажды на половинку вареной картошки, оставленной на столе, ученый заметил, что вся поверхность среза испещрена маленькими цветными капельками: желтыми, фиолетовыми, красными. Тоненькой платиновой проволочкой он взял одну из этих капелек и размазал ее между двумя стеклышками. Взглянув в микроскоп, он увидел множество абсолютно одинаковых бацилл. Затем он посмотрел на микробов из



Колонии бактерий на агаре

желтой и фиолетовой капли. В одной пробе все микробы были круглые, в другой напоминали крошечные палочки, но все микробы в каждой капле были совершенно одинаковы.

Это означало настоящий переворот в микробиологии... Впервые исследователи получили в руки простой и надежный метод выращивания микробов разных видов отдельно друг от друга! Как просто! Раньше **бактерий** выращивали в жидкой среде — в бульоне, но там они смешивались между собой. Если же разные микроорганизмы попадают на твердую

поверхность картошки, то каждый из них остается на том месте, где упал, а затем начинает расти, образуя чистую культуру одного определенного вида. Вместо картошки Кох стал использовать желатиновое желе с добавлением бульона, а для особо капризных микробов, таких как кишечная палочка, — свернувшуюся кровяную сыворотку.

Многие поколения микробиологов использовали для выращивания микроорганизмов твердые питательные среды по рецептам Коха. Сейчас в микробиологии в основном используются среды на основе агар-агара как более дешевые и простые в приготовлении.

Водоросли используют и в качестве удобрений. Они богаты калием, йодом и другими микроэлементами, но в них мало азота и фосфора, поэтому их удобряющее действие без добавления азотных и фосфорных соединений не очень велико.

На Дальнем Востоке, в Китае, Корее и Японии традиционными являются блюда из водорослей. Красную водоросль **порфиру** считают деликатесом, а большую бурую водоросль **ламинарию**, больше известную под названием **«морская капуста»**, едят в сыром виде, используют для приготовления салатов, овощной икры, пюре и... конфет.

Морские водоросли как продукт питания не имеют большой питательной ценности, поскольку у человека и большинства других животных нет ферментов, необходимых для

расщепления веществ их клеточной стенки. Однако водоросли служат источником важных для человека солей, витаминов и микроэлементов и поэтому очень полезны в качестве добавки к меню. В приморских районах водоросли широко используются на корм скоту.

Альгин и альгинаты, извлекаемые из бурых водорослей, обладают превосходными клеящими свойствами. Их добавляют в пищевые продукты, в таблетки, используют при выделке кож, при производстве бумаги, тканей, пластмасс. Из них делают растворимые нити, используемые в хирургии.

Хотя часть съедобных водорослей жители Дальнего Востока собирают в открытом море, более доходным делом является выращивание водорослей на подводных фермах. В культивировании красной водоросли порфиры только в Японии занято более 30 000 человек, а получаемая продукция оценивается примерно в 20 млн. долларов в год. На морских огородах можно не только «сеять» уже имеющиеся, но и выводить новые, улучшенные сорта культурных водорослей.

Перед посевом ламинарии сначала собирают посевной материал — зооспоры, созревающие в зооспорангиях на крупных слоевищах. Для более дружного выхода зооспор слоевища морской капусты слегка подсушивают. Зооспоры лучше всего прорастают при температуре около +10 °С. В теплых морях, например у побережья Китая и Японии, в трюмах старых

кораблей делают искусственные бассейны с пониженной температурой воды. В такие морские «парники наоборот» помещают камни, веревки, бамбуковые палки, а также куски подсушенной морской капусты. Выйдя из зооспорангиев, зооспоры быстро прикрепляются к камням и палкам, на которых и происходит все дальнейшее развитие слоевищ ламинарии.

Прикрепленную к камням рассаду дальше выращивают на плантациях в открытом море; для ухода за такими посадками требуются услуги водолазов. Гораздо удобнее культивировать морскую капусту в мелководных бухтах и заливах со спокойной водой. Здесь для прикрепления рассады используют уже не камни, а лестницы из бамбуковых палок, которые плавают у самой поверхности моря. Так за

Ферма по разведению ламинарии

капустой гораздо проще ухаживать, да и собирать ее легче.

Как и культурные растения на полях, водоросли на подводных фермах удобряют. Морская вода богата соединениями кальция и калия, а также микроэлементами, но в ней мало соединений азота и фосфора. Было замечено, что вблизи городов, где в бухты и заливы попадают сточные воды, водоросли растут лучше. В обычных условиях с каждого гектара «морского огорода» собирают до 10 т капусты (в пересчете на сухой вес), а при внесении азотно-фосфорных удобрений урожай увеличивается до 30 т. Выгода подкормки очевидна, но как вносить удобрения в море так, чтобы питательные вещества усваивались растениями, а не уносились волнами и течениями? Для этого в длинные цилиндрические мелкопористые сосуды из фаянса наливают растворы минеральных солей. Сосуды плотно закупориваются и на поплавках подвешиваются на глубине 1 м. Раствор солей медленно просачивается наружу и, попадая в воду, постепенно усваивается слоевищами ламинарии.

В холодных северных водах морская капуста живет два-три года, а в более теплых условиях все ее развитие происходит за несколько месяцев, после чего слоевище водоросли отмирает.

Среди одноклеточных водорослей наиболее перспективной для искусственного культивирования оказалась зеленая водоросль **хлорелла**. В белке хлореллы имеются все незаменимые аминокислоты, по качеству его можно

сравнить с белком пивных дрожжей, соевой и арахисовой муки. Его признают равноценным белку сухого молока. Помимо белка, клеточная масса хлореллы богата витаминами, микроэлементами, углеводами и жирами.

При выращивании хлореллы не остается никаких отходов: корней, соломы, листьев, все ее тело — питательный продукт. Для выращивания хлореллы не требуется больших площадей — ее можно разводить в сосудах, где на 1 л воды получается до 55 г продукции водоросли в сухом виде. По содержанию белка урожай водоросли хлореллы с 1 га равен урожаю пшеницы с 25 га и урожаю картофеля с 10 га. Огромная продуктивность хлореллы объясняется тем, что она использует 25–30% от общего количества падающей на нее солнечной энергии, в то время как высшие цветковые растения — только 7–13%. (Вот еще одно доказательство того, что «примитивный» вовсе не значит «неприспособленный» или тем более «плохой».)

Сейчас исследуется возможность использования хлореллы как источника питания для людей. В Японии научились перерабатывать эту водоросль в безвкусный порошок, богатый витаминами и белком. Его можно смешивать с мукой при изготовления хлебобулочных изделий.

Выращивание и искусственное разведение водорослей позволяет при небольших трудозатратах получать огромные урожаи. И кто знает, может быть, через 200 лет вторым хлебом будет называться не картошка, а хлорелла.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ, ЧТО...

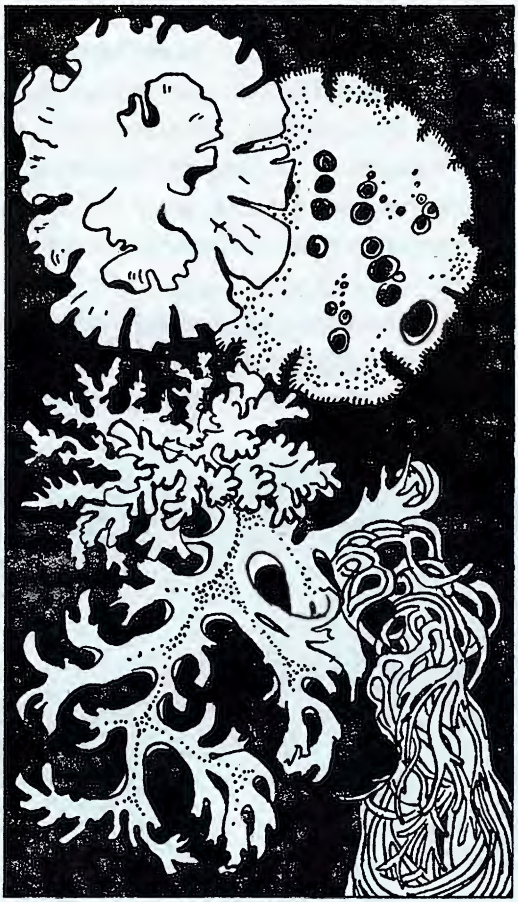
◆ Коралловые рифы могут образовывать не только кораллы, но и низшие растения. В оболочках красной водоросли **литотамнии, или каменной водоросли,** откладывается такое количество карбоната кальция (извести), что они приобретают прочность камня. Название другой рифообразующей водоросли — коралина говорит само за себя.

◆ В морях Южного полушария встречается самая крупная в мире водоросль — грушеносный макроцистис. Его слоевище может достигать в длину более 90 м.

◆ На слоевищах некоторых бурых водорослей (саргассума, фукуса, макроцистиса) хорошо заметны округлые вздутия, похожие на ягоды. Эти вздутия представляют собой воздушные пузыри, которые действуют наподобие поплавков, поднимая растение вверх, поближе к свету.

◆ Было замечено, что неумеренный промысел лангустов приводит к сокращению площади зарослей морской капусты. Оказывается, лангусты поедают морских ежей, основным кормом для которых является ламинария. Чем меньше численность морских ежей, тем дальше на глубину проникают подводные заросли морской капусты.

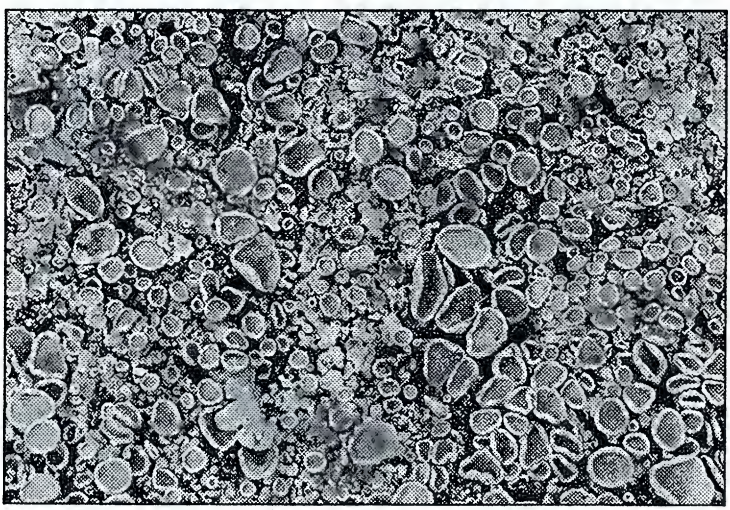
ЛИШАЙНИКИ



СОЮЗ ДВУХ ЦАРСТВ

Если человеку, который никогда ничего не слышал про **лишайники**, показать, как они выглядят, и спросить, что это такое, скорее всего он ответит, что это растения. Действительно, внешне плоские корочки, а тем более кустики лишайников, покрывающие камни и стволы деревьев, чем-то напоминают некоторые мхи. Немного настораживает их необычная для растений окраска: встречаются серые, ярко-оранжевые, красные, желтые, фиолетовые и даже совершенно черные лишайники, но ведь есть и зеленые слоевища.

Со времен древнегреческого ученого Теофраста лишайники более двух тысяч лет не задумываясь относили к царству растений. Так



Лишайник

продолжалось до тех пор, пока в 1867 году ботаник **Симон Швенденер** не опубликовал результаты изучения внутреннего строения лишайников. На срезе «растения» ученый под микроскопом увидел зеленые клетки **водорослей**, со всех сторон опутанные сероватыми **гифами грибов**. «Лишайник — не растение!» — научный мир был буквально взорван сенсационным открытием. Лишайник не просто не растение, а вообще два отдельных организма — гриб и водоросль! Водоросли находятся внутри гриба, словно замурованные между его клеток.

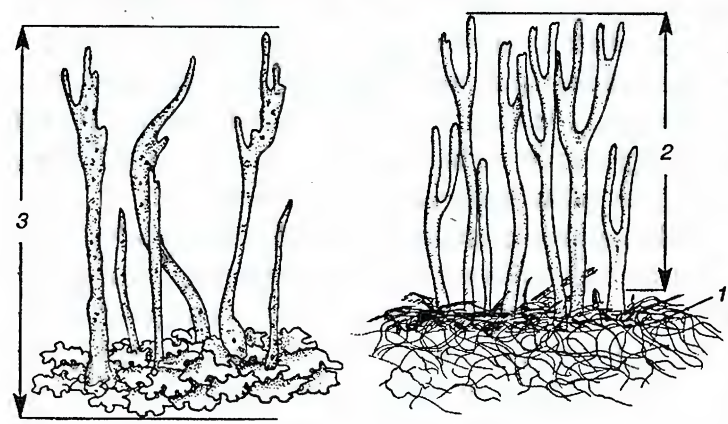
Конечно, и раньше ученые сталкивались с явлением, когда внутри одного организма и даже внутри его клеток живет организм совершенно другого вида. Так в кишечнике свиней, коров, собак и людей могут жить различные паразитические черви, а внутри обыкновенной амёбы иногда можно найти живые зеленые клетки водорослей зоохлорелл, которые придают амёбе ярко-зеленую окраску. Научный мир потрясло другое: гриб и водоросль в составе лишайника не просто живут под одной крышей, пользуясь всеми благами совместного существования, — вместе они составляют целый неделимый организм.

Хотя со времени открытия природы лишайников прошло уже больше 100 лет, эти странные существа во многом остаются для нас загадкой. Так что же такое лишайник? Растением лишайник назвать нельзя, так как основу его тела составляют грибные гифы, и к

грибам не отнесешь — какой же это гриб с водорослями внутри, да еще который без этих водорослей и жить-то не может. Кроме этого, гифы, из которых состоит слоевище лишайника, выглядят совсем иначе, чем в теле гриба.

Вспомните, основную массу любого гриба составляет его **грибница**, или **мицелий**, — рыхлое сплетение вытянутых грибных клеток. Грибница скрыта от наших глаз в почве или трухлявой древесине, и о существовании грибов мы узнаем по появлению **плодовых тел**, тех самых подберезовиков, сыроежек и лисичек, которые в обиходе не совсем верно называются грибами.

Бóльшую часть жизни грибы проводят в виде мицелия — плодовые тела могут образовываться не каждый год, да и живут они недолго.



Рогатик (слева) и кладония (справа)

Внешне гриб из семейства рогатиковых и лишайник кладония очень похожи, но это кажущееся сходство. 1 — грибница, 2 — плодовое тело, 3 — слоевище

Сами знаете, как быстро плотный и красивый грибок превращается в склизкую кашу на ножке. Как и грибница, плодовые тела состоят из грибных клеток, только здесь они так тесно переплетаются, что отдельные клетки-шнурочки видны только на срезе под микроскопом.

Слоевище лишайника состоит из такого же плотного переплетения грибных гиф, но в отличие от недолговечных грибных плодовых тел, лишайник живет очень долго — многие сотни и даже тысячи лет. А вот рыхлую грибницу лишайник не образует никогда.

Роль водорослей в лишайнике очевидна: с помощью хлорофилла они синтезируют органические вещества. Получая от водорослей «продукты питания», гриб обеспечивает своих кормильцев необходимыми минеральными веществами и защищает от лишней потери воды. Так в общих чертах можно описать принцип существования лишайникового организма. Конечно, реальные отношения между грибом и водорослью намного сложнее и интереснее, но об этом мы расскажем чуть ниже.

Не всякое сожительство гриба и водоросли образует лишайник. Такое сожительство должно быть постоянным, а не случайным и кратковременным. Бывают случаи, когда гриб и водоросль образуют временное смешанное скопление, но это еще не лишайник. В настоящем лишайнике гриб и водоросль вступают в близкие отношения, грибные гифы оплетают водоросли и могут даже проникать в их клетки.

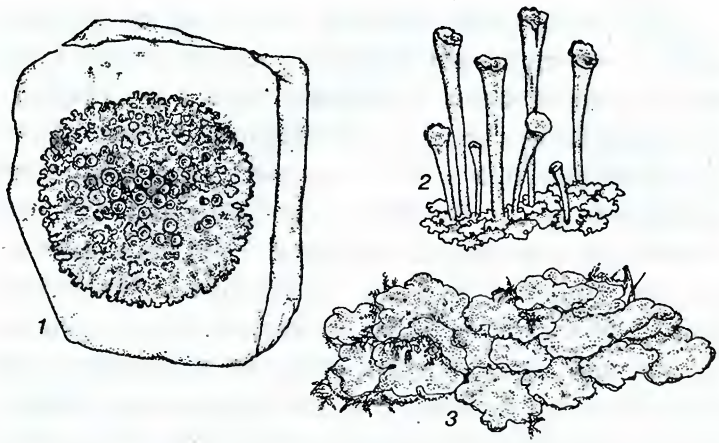
Но в природе тесные отношения между двумя совершенно разными организмами не редкость. Можно привести много примеров, когда один организм может жить только внутри тела другого и больше нигде в природе не встречается, например инфузории из желудка жвачных животных (см. на с. 100) или жгутиковые простейшие из кишечника термитов (см. с. 98). При этом ни термиты, ни копытные животные прожить без своих симбиотических простейших не могут — они просто погибнут от голода. Более тесные отношения, пожалуй, трудно себе представить.

Тем не менее никому и в голову не приходит говорить о корове и микромире ее желудка как о едином и неделимом организме и тем более выделять в отдельную систематическую группу.

А лишайники, которые, казалось бы, ничем не отличаются от других пар организмов, живущих в симбиозе, почему-то относят к особой группе организмов, отдельной и от грибов, и от водорослей (см. схему на с. 7). Почему так произошло и чем отличаются лишайники от других совместно живущих организмов, нам с вами предстоит разобраться.

СТРОЕНИЕ ЛИШАЙНИКОВ

Внешний вид лишайников довольно разнообразен. Это и длинные развевающиеся по ветру седые бороды **уснеи**, и хрустящие под ногами в



Жизненные формы лишайников

1 — накипные (ксантория); 2 — кустистые (кладония); 3 — листоватые (пельтигера собачья). Знаменитый «олений мох», или ягель, — на самом деле общее название для 40 видов кладоний, которые зимой составляют основу питания северных оленей

сухом сосновом бору бело-серые кустики **«оленьего мха»**, и ярко-оранжевые круги **ксантории** на коре осин, и **накипные лишайники** всех цветов и оттенков на камнях и бетонных плитах, приросшие так плотно, что их с трудом удается соскрести. Первое отличие лишайников от грибов и от водорослей, которое так и бросается в глаза, — их совершенно особый внешний вид. Такого разнообразия форм и окрасок, которые встречаются у лишайников, вы никогда не найдете у наземных водорослей и грибов. Сейчас известно более 20 000 видов лишайников, каждый из которых отличается особенностями внешнего строения (есть, правда, виды лишайников, внешне неотличимые

друг от друга). А теперь попробуйте представить себе столько видов коров, связанных симбиозом с инфузориями, или 20 000 видов зеленых амёб!

Особое внешнее строение лишайников, которое не встречается ни у водорослей, ни у грибов — это только первая их отличительная черта. Не менее своеобразно внутреннее строение лишайника.

Если рассмотреть под микроскопом срезы разных видов лишайников, мы увидим примерно одинаковую картину: перепутанные сероватые грибные нити и зеленые клетки водорослей между ними. Внутреннее строение разных лишайников отличается только особенностями взаиморасположения **гиф** гриба и клеток водорослей. У наиболее просто устроенных лишайников клетки водорослей лежат в толще **слоевища** (тела лишайника) беспорядочно, но у большинства видов слоевище образовано несколькими хорошо отличимыми друг от друга слоями.

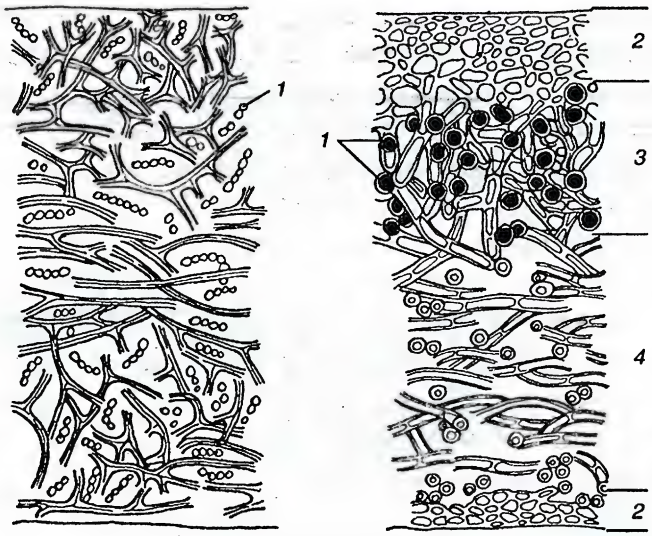
Сверху тело лишайника покрыто «корой» или, точнее, **коровым слоем**. Этот слой представляет собой плотное переплетение грибных гиф, выполняющих защитную функцию, в первую очередь предохраняющих от механических повреждений. Кроме того, именно в коровом слое накапливаются **лишайниковые кислоты**, некоторые из которых придают слоевищу лишайника яркую окраску. Концентрация лишайниковых кислот в коровом слое

напрямую зависит от количества солнечного света. Например, **ксантория постенная**, выросшая на солнце, ярко-оранжевая, но в тени теряет оранжевый цвет, приобретая серовато-зеленоватую окраску.

Как правило, лишайники высокогорий и приполярных областей окрашены очень ярко. Известно, что для этих районов земного шара характерна большая интенсивность солнечной радиации. В таких условиях в наружных слоях слоевищ концентрируется большое количество пигментов и лишайниковых кислот. Предполагают, что окрашенные слои защищают нижележащие клетки водорослей от чрезмерной интенсивности освещения.

Сразу за коровым слоем лежит зеленый **слой водорослей**. «Кора» полупрозрачна, и водоросли, защищенные коровым слоем от лишней потери воды, в то же время обеспечены необходимым количеством света для протекания фотосинтеза. Под слоем водорослей чаще всего расположен сердцевидный слой. **Сердцевина** занимает наибольший объем в теле лишайника и состоит из рыхло сплетенных грибных гиф. По рыхлой сердцевине воздух свободно поступает к клеткам водорослей, обеспечивая их кислородом для дыхания и углекислым газом для фотосинтеза. В сердцевину воздух попадает через специальные вентиляционные **поры** в «коре» лишайника.

Как видите, внутреннее строение лишайников тоже уникально: ни у грибов, ни у водо-

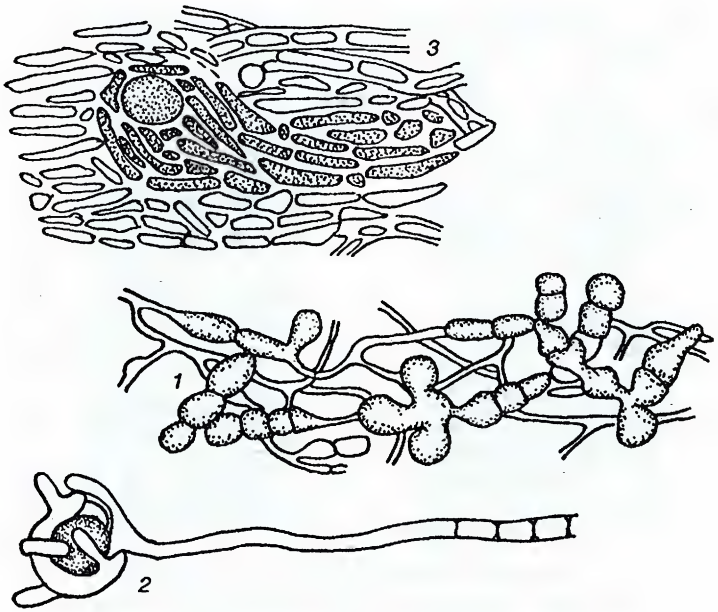


Поперечный срез через просто устроенное слоевище примитивного лишайника (слева) и сложно устроенное слоевище (справа)
1 — водоросли; 2 — коровый слой; 3 — слой водорослей; 4 — сердцевина

рослей нет коры, фотосинтезирующего слоя, сердцевины, воздухоносных пор — все эти «чисто лишайниковые» особенности внутреннего строения позволяют нам говорить о лишайнике как о едином самостоятельном организме, а не просто о дружеских отношениях между грибом и водорослью.

Наконец, только в составе лишайника можно найти такие удивительные образования, как **жировые, ищущие** и **двигающие** грибные **гифы.**

В жировых гифах откладываются запасные питательные вещества, они выглядят как



Гифы: 1 — жировые; 2 — ищущие; 3 — двигающие

мешочки, раздутые от жировых запасов. Тонкие ищущие гифы проникают в отдаленные уголки слоевища в поисках клеток водорослей. После того как клетка водоросли найдена, в действие приходят двигающие гифы. С их помощью водоросли передвигаются ближе к коровому слою лишайника, к свету.

Сначала двигающие гифы окружают клетку водоросли, которая, «по их мнению», оказалась не на месте. Потом они начинают проталкивать «заблудившуюся» водоросль по направлению к коровому слою: пучок двигающих гиф разрастается и давит на окружающие клетки гриба, отжимая в стороны окружающие водо-

рость грибные клетки. В результате образуется полость, в которую давлением растущих двигающих гиф и проталкивается водоросль. Так шаг за шагом двигающие гифы постепенно перемещают клетки водоросли поближе к источнику света, формируя водорослевый слой лишайника. Лишайниковый гриб в этом случае очень напоминает пастуха, внимательно следящего за тем, чтобы ни одна корова не отбилась от стада.

РАЗМНОЖЕНИЕ ЛИШАЙНИКОВ

Водоросли и грибы в составе лишайников не утратили способности к самостоятельному размножению. Водоросли размножаются простым делением пополам, а грибной компонент способен к образованию **спор**. Споры гриба, попадая в благоприятные условия, начинают прорастать и сразу посылают на поиски водорослей тонкие **ищущие гифы**. Разрастаясь в поисках водоросли, ищущие гифы напоминают мицелий обыкновенного гриба, таким образом, как и многие другие организмы, лишайники на ранних стадиях развития похожи на своих предков — свободноживущие грибы и водоросли.

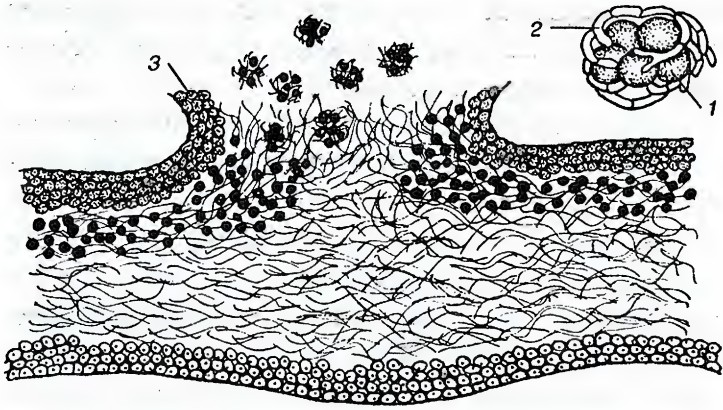
Дальнейшее развитие гриба и формирование слоевища лишайника происходит лишь в том случае, если ищущие гифы встретят водоросль, соответствующую данному виду

лишайника. Если на субстрате, где проросла грибная спора, нужных водорослей нет, мицелий гриба быстро погибает. Гриб в составе лишайника настолько утратил самостоятельность, что не может развиваться в отсутствии зеленых партнеров.

Лишайники могут размножаться и вегетативно — кусочками слоевищ. В сухую погоду лишайники становятся очень хрупкими, и если пройти по ним, с хрустом крошатся под ногами. Эти кусочки подхватываются и разносятся ветром и при благоприятных условиях прорастают в новые слоевища лишайников.

У более высоко организованных видов существуют специальные органы вегетативного размножения, в которых образуются мельчайшие клубочки (их называют **соредиями**), состоящие из одной или нескольких клеток водорослей, окруженных гифами гриба. Благодаря этому практичному изобретению лишайниковый гриб получил возможность никогда не расставаться с водорослью. Риск погибнуть без зеленой кормилицы голодной смертью у наиболее продвинутых лишайников был сведен к минимуму. Это еще одно доказательство того, что лишайник — единый организм, хотя и состоящий из двух компонентов.

Миллионы таких клубочков образуют порошкообразную зеленоватую массу, которая местами покрывает верхнюю поверхность слоевища или развивается в виде каймы по краям его лопастей.



Соредии — специализированные органы размножения

Эти клубочки состоят из клеток водорослей (1) и гиф гриба (2). Клубочки выходят на поверхность лишайника через разрывы коры (3) и распространяются ветром

Органы вегетативного размножения, в которых происходит формирование клубочков, лишайники тоже «изобрели» совершенно самостоятельно — ничего похожего нет ни у грибов, ни у водорослей.

ЛИШАЙНИКОВЫЕ КИСЛОТЫ

Еще один факт, убеждающий нас в том, что лишайник представляет собой целостный организм, состоит в том, что лишайники способны вырабатывать особые вещества, которые больше в природе нигде не встречаются. Речь идет об уже упоминавшихся **лишайниковых кислотах**. Ни гриб, ни водоросль по отдельности

лишайниковых кислот не образуют. Данное биохимическое изобретение — продукт их совместной деятельности.

Лишайниковые кислоты, накапливаясь в верхнем **коровом слое**, защищают тело лишайника и особенно водорослевый слой от чрезмерного солнечного излучения. Результаты экспериментов по влиянию лишайниковых кислот на растения показали, что они способны подавлять рост грибов и мхов и прорастание семян цветковых растений. Похоже, что эти вещества являются аналогами антибиотиков — химического оружия грибов и некоторых бактерий в борьбе за жизненное пространство.

Предположение о химическом оружии лишайников кажется особенно правдоподобным, если вспомнить, как медленно они растут — всего на 7–10 миллиметров в год в лучшем случае. С такими темпами роста даже медленно растущие **мхи** могут оказаться серьезными конкурентами, не говоря уж о **цветковых растениях**. Конечно, засухоустойчивость лишайников снижает вероятность конкуренции за пространство с влаголюбивыми мхами, но с цветковыми растениями приходится сложнее. Вытеснить цветковые растения лишайникам просто не под силу, но, первыми захватив подходящий кусок земли, они стоят насмерть, никого не пуская на свою территорию. Лишайник разрастается во все стороны, образуя низкий, но очень плотный коврик. Через такое препятствие, да еще усиленное действием аг-

рессивных лишайниковых кислот может пробиться далеко не каждое растение. Но если лишайниковый покров случайно окажется сбит, скажем, копытом северного оленя или сапогом человека, цветковые растения тотчас же воспользуются моментом и захватят освободившийся кусочек земли.

ЧЕМ ХУЖЕ, ТЕМ ЛУЧШЕ

Лишайниковый ковер можно встретить далеко не везде. Массово лишайники разрастаются только там, где условия среды настолько суровы, что сильной конкуренции со стороны более совершенных претендентов на жизненное пространство ожидать не приходится. Каменистые осыпи, неприютные скалы и склоны гор, безлесные пространства тундры, сухие сосновые боры на песчаных почвах — вот владения лишайников, здесь они чувствуют себя настоящими хозяевами жизни. Это — настоящие экстремалы, и их девиз «Чем хуже, тем лучше»!

Там, где условия для роста и развития, казалось бы, более благоприятны — мягче климат, выше влажность, богаче почва, лишайники занимают скромное подчиненное положение, довольствуясь самыми неприглядными уголками, словно и впрямь ищут, где же хуже. Вы, наверное, уже догадались, что свет, тепло, обилие питательных веществ и другие

блага жизни лишайникам вовсе не противны, наоборот! Они бы и рады всем этим воспользоваться, но... Тоненькие одноклеточные **ризоиды** лишайников не могут соперничать с мощными корнями трав, а само **слоевище** растет так медленно, что даже неторопливые мхи могут дать лишайникам большую фору.

Однако, с другой стороны, лишайники — одни их самых выносливых и стойких организмов. Они распространены в природе необычайно широко — от жарких пустынь до Антарктиды. Всего в Антарктиде насчитывается 350 видов лишайников, и из них 7 видов встречаются почти до самого Южного полюса! Правда, не на льду, а на выступающих скалах. Лишайники могут выдерживать жесткое солнечное облучение, полное высыхание, сильное нагревание и суровые холода. Кстати, **цветковых** растений в Антарктиде всего 3 вида, и те на побережье. Из них только два представителя семейства **гвоздичных** — аборигены, а еще один вид — **мятлик луговой** — попал на ледяной материк совсем недавно вместе с людьми.

Как могут лишайники выживать в таких суровых условиях, которые непригодны для других организмов? Во-первых, лишайники способны длительное время обходиться без воды. Обезвоженное тело лишайника полностью пересыхает, и организм впадает в полубезжизненное состояние анабиоза. Спящий в анабиозе лишайник гораздо более устойчив к облучению, перегреванию и переохлаждению. Про-

Мятлик луговой

исходит так из-за того, что внутренняя кора лишайника, высыхая, становится толстой и непрозрачной, преграждая путь солнечному свету. Влажный лишайник разрушается ярким светом и экстремальными температурами, которые в сухом виде для него не опасны.

Бóльшую часть своей жизни лишайники пребывают в почти обезвоженном состоянии, когда их влажность составляет всего 2–10%

сухой массы. В таких условиях **фотосинтез** в клетках водорослей полностью прекращается, а значит, прекращается и рост всего лишайника. Во многих местах, где живут неприхотливые лишайники, фотосинтез возможен только по нескольку часов в день несколько месяцев в году, когда влажность воздуха относительно высока. Следствие этого — очень низкая скорость роста лишайников; их радиус увеличивается всего на 0,1–10 мм в год.

Интересно, что слоевища многих антарктических лишайников окрашены в черный или другой темный цвет. Как известно, условия в Антарктике очень суровы не только потому, что здесь растениям приходится переносить постоянное воздействие мороза, но потому, что здесь фактически нет доступной воды. Среднегодовая температура ледяного континента −16 °С, летом днем она поднимается выше нуля, а ночью вновь падает до −10 °С. Из-за низких температур осадки выпадают в Антарктиде только в виде снега и не могут использоваться растениями. Вот здесь-то темная окраска лишайников и приходит им на помощь. Темноокрашенные слоевища быстро разогреваются на солнце, снег вокруг слоевища тает и впитывается лишайником. Таким способом ему удается обеспечить себя водой даже в ледяной пустыне.

Температура тоже не играет в жизни лишайников особенно большой роли. В пустыне они легко переносят ежедневное нагревание до

+50–60 °С, а полярной зимой хорошо себя чувствуют при температуре –40–50 °С и даже ниже. Если большинство растений могут фотосинтезировать в узких границах температуры от 0 °С до +30 °С, то у лишайников нижний температурный предел, при котором возможен фотосинтез, равен –7–13 °С, а в Антарктике у них наблюдалось поглощение углекислого газа (а значит, и фотосинтез) при –25 °С! Правда, интенсивность фотосинтеза, т. е. количество образованных органических веществ в единицу времени, у лишайников даже в оптимальных условиях намного ниже, чем у **высших растений**. Например, **картофель** за одно и то же время синтезирует в 16 раз больше сахаров, чем лишайник. Значит, скорость роста лишайника так мала не только из-за того, что бóльшую часть жизни он проводит в неактивном состоянии, но еще и из-за очень низкой эффективности фотосинтеза. Что ж, стахановские рекорды по производству сахаров лишайникам, конечно, не по плечу, зато в конкурсе выживания в экстремальных условиях они наверняка взяли бы первый приз.

Слишком медленный рост слоевища не дает возможности лишайникам расти в более или менее благоприятных местообитаниях, так как там им приходится конкурировать с быстрорастущими **мхами** и **цветковыми** растениями. Поэтому любые мало-мальски пригодные для жизни растений почвы для лишайников заказаны. Остаются голые, лишенные

почвенного слоя скалы и валуны, поваленные стволы, кора деревьев и бросовые, бедные питательными веществами почвы. Но то, что не подходит растениям, лишайников как раз устраивает. Недостаток минеральных веществ их не смущает — при таком медленном росте их требуется совсем немного, поэтому даже на самых бедных почвах лишайники чувствуют себя прекрасно.

Совсем другое дело — голые скалы, где растворенных минеральных веществ нет совсем. Здесь лишайник выручают **лишайниковые кислоты** — плод совместного творчества гриба и водоросли. Кислоты вымываются из слоевища с водой и эффективно растворяют каменный субстрат, на котором поселился лишайник. Лишайник впитывает полученный раствор всей поверхностью слоевища и, таким образом, восполняет недостаток минеральных веществ. Большинство лишайников не останавливает даже недостаток азотистых соединений. Ведь в состав многих из них входят не только водоросли, но и **цианобактерии** (см. с. 15), способные к фиксации атмосферного азота.

Таким образом поколение за поколением лишайники постепенно разрушают твердую каменную породу. Конечно, ее разрушение происходит не без помощи ветра, воды и перепадов температур — лишайники только ускоряют этот процесс. Но без их помощи было бы невозможно начальное накопление перегноя.

Кустистый лишайник на скале

Остатки слоевищ лишайников разлагаются с помощью **бактерий**, становясь основой для формирования тонкого слоя почвы, на котором позже поселятся мхи, а затем и другие растения.

В природе лишайники играют роль настоящих пионеров-первопроходцев: именно они первыми поселяются на валунах ледниковых морен, голых скалах, на лаве, застывшей после извержения вулкана. Именно с лишайников начинается многотысячелетний процесс образования почв. Правда, лишайники довольно быстро передают эстафетную палочку почвообразования в руки растений, но без их участия этот процесс занимал бы гораздо больше времени.

ВМЕСТЕ МЫ ЗАВОЮЕМ МИР

Объединившись в составе лишайника, оба компонента: и **гриб**, и **водоросль** получили возможность значительно расширить область своего распространения. Судите сами: грибы питаются исключительно готовыми органическими веществами — растительными и животными остатками, а значит, могут жить только там, где эти остатки имеются. Именно поэтому в самых засушливых районах планеты грибов совсем немного, а голая поверхность скал, каменистых осыпей, пустынные просторы Антарктиды совсем не заселены грибами — им там просто нечего есть. Заключив союз с водорослями, грибы «научились» выживать даже на абсолютно голых скалах — источник органических веществ у них теперь всегда «при себе».

Наземные водоросли тоже не упустили возможности улучшить свое положение. До соединения с грибами в составе лишайника они занимали в хозяйстве природы довольно скромное место. Влажная почва, стволы деревьев, узкая полоска берега вдоль кромки водоемов, где влажность достаточна высока, чтобы водоросли могли сохранять жизнеспособность —

вот и все их владения. Войдя вместе с грибами в состав лишайников, водоросли существенно расширили сферу своего влияния: завоевали безводные пустыни, поднялись высоко в горы, совершили блестящий прорыв в глубь ледяной Антарктиды. Толстая «кора», сплетенная гифами гриба, надежно защищала их от иссушения, резких изменений температуры, сильного солнечного излучения. Без преувеличения можно сказать, что в составе лишайников грибы и водоросли завоевали планету.

Теперь давайте попробуем ответить на вопрос, поставленный в начале этой главы. Чем же все-таки отличается лишайник от любого другого содружества организмов, например симбиоза между термитами и жгутиконосцами их кишечника? Почему лишайник считается единым организмом, а термит и его микроскопические помощники рассматриваются как два отдельных вида, хотя и тесно связанные между собой?

Наши примеры схожи между собой только в том, что ни гриб и водоросль в составе лишайника, ни термит и жгутиконосцы не могут жить друг без друга — благополучие одного компонента системы полностью зависит от благополучия другого. Но для возникновения единого организма одного только тесного сотрудничества еще мало. Целостность лишайника как организма достигается набором приспособлений гриба и водоросли для совместной жизни. Все эти общие приспособления гриба и водоросли

мы с вами уже обсудили, это: особенности внешнего и внутреннего строения лишайника (одни двигающие гифы чего стоят!), специальные органы размножения, способность синтезировать общие вещества — лишайниковые кислоты.

Наконец, еще одно важное условие единство системы организма — согласованное взаимодействие частей. Лишайники таким свойством обладают. Вспомните, в зависимости от освещенности в коровом слое меняется концентрация лишайниковых кислот, чтобы водоросли в глубине слоевища не испытывали ни избытка, ни недостатка света. Такая реакция «нормального организма» не вызывает удивления — например, мы каждое лето покрываемся загаром. Но в случае лишайника изменение цвета «коры» — явление поистине удивительное. Ведь это значит, что водоросль умеет каким-то образом «рассказать» грибу о своих потребностях — либо, что ей темно, либо, что свет слишком яркий. Значит, внутри лишайника существует какой-то «язык», видимо, химический, связывающий два его компонента. Благодаря этому лишайники по способности к саморегуляции почти не уступают обычным организмам.

АХИЛЛЕСОВА ПЯТА ЛИШАЙНИКОВ

При чтении этой главы у вас, наверное, создалось ощущение, что лишайники — это какие-то суперорганизмы, которым не страшно

любое воздействие внешней среды. Действительно, что касается действия природных факторов: температуры, влажности, богатства почвы, освещенности — лишайники практически неуязвимы. Но за последние 200 лет из-за увеличения роста населения планеты и усиления эксплуатации природных ресурсов на первый план вышел антропогенный фактор (от *антропос* — человек и *геннао* — порождать), влияние которого подчас сильнее всех природных факторов вместе взятых.

Деятельность промышленных предприятий и выбросы автотранспорта приводят к тому, что содержание отравляющих веществ в воздухе, воде и почве в сотни и тысячи раз превосходит их естественный уровень. От загрязнения окружающей среды страдают все живые организмы и в том числе сам человек. Но лишайники оказались особенно уязвимыми.

Уснея

Еще в 1866 году финский ученый **Б. Нюландер** отметил, что видовой состав лишайников в большом городе значительно беднее, чем в его окрестностях. При увеличении загрязненности воздуха первыми исчезают из города **кустистые лишайники**, затем **листоватые** и, наконец, **накипные** (см. с. 190). В центрах крупных городов, особенно вокруг промышленных предприятий,

возникают зоны, в которых лишайники вообще отсутствуют. Такие зоны получили название **«лишайниковых пустынь»**.

Особенно опасен для лишайников сернистый газ. Его выбрасывают тепловые электростанции, металлургические предприятия, цементные заводы, заводы по производству серной кислоты и синтетических волокон, аммиака, целлюлозы. Экспериментально установлено, что сернистый газ в концентрации 0,08 — 0,10 мг/м^3 вызывает разрушение **хлорофилла** водорослей и нарушение **фотосинтеза**. При концентрации сернистого газа равной 0,5 мг/м^3 гибнут все виды лишайников.

Почему именно лишайники так чувствительны к загрязнению окружающей среды? Вспомним, как питаются лишайники.

Благодаря хлорофиллу водорослей лишайник осуществляет фотосинтез, а поступление минеральных веществ происходит благодаря грибным гифам. Вещества либо поглощаются из субстрата, на котором растет лишайник, либо улавливаются из воздуха и дождевой воды. У лишайников нет непроницаемой кожицы, как у высших растений, поэтому газы и вода свободно проникают через тонкий **коровый слой**.

Большинство токсичных газов растворяются в дождевой воде, а лишайники впитывают ее всей поверхностью в отличие от высших растений, которые поглощают воду в основном из почвы. Сам способ жизни лишайников заставляет их жадно впитывать всё, что падает

сверху — иначе не выжить на голой коре дерева или на поверхности камня. Это приводит к быстрому накоплению ядов в теле лишайника. Кроме того, в отличие от высших растений лишайники не способны избавляться от пораженных ядовитыми веществами частей своего тела (например, сбрасывать листья).

Наконец, лишайники обладают способностью к росту при температурах ниже 0 °С, а зимой уровень загрязненности среды обычно много выше, чем летом, когда активны растения.

Благодаря высокой чувствительности к загрязняющим веществам лишайники широко используются как очень точные индикаторы наличия в воздухе вредных примесей и помогают следить за состоянием атмосферы вокруг крупных городов. Состояние внешнего вида лишайников (скорость отмирания и нарастания слоевищ), и анализ химического состава слоевищ используются для определения «качества» местообитания. Так с помощью лишайников можно следить за уровнем загрязнения сернистым газом и тяжелыми металлами вокруг промышленных центров.

ЗАКАДЫЧНЫЕ ВРАГИ

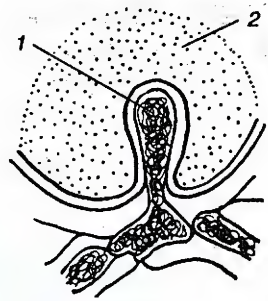
Каковы взаимоотношения **гриба** и **водоросли** в лишайнике? Этот вопрос ученые задают себе с тех пор, когда **Симон Швенденер** в 1867 году впервые установил то, что лишайни-

ки являются комплексными организмами, тело которых состоит из гриба и водоросли.

Со времени открытия С. Швенденера появилось не менее десятка теорий, пытающихся объяснить отношения между живыми компонентами лишайников. Сам Швенденер предполагал, что гриб в слоевище лишайника паразитирует на водоросли.

Большую популярность получила теория взаимовыгодного симбиоза: водоросль «снабжает» гриб органическими веществами, а гриб «защищает» водоросль от чрезмерного нагревания и освещения, от механических повреждений и «обеспечивает» ее водой и неорганическими веществами. При этом подразумевается, что при этом ни гриб, ни водоросль не испытывают со стороны друг друга каких-либо «отрицательных эмоций». Эта теория просуществовала довольно долго и даже встречается до сих пор в некоторых школьных учебниках биологии. Но уже в 1873 году ей был нанесен удар. Изучая анатомическое строение слоевища лишайников, французский ученый Е. Борне обнаружил внутри водорослевых клеток грибные отростки — **гаустории**, всасывающие органы гриба. Это открытие дало основание предполагать, что гриб эксплуатирует водоросли, высасывая содержимое их клеток, т. е. ведет себя как паразит! Правда, гифы грибов не всегда проникают внутрь клетки водоросли, они могут просто плотно прилегать к ее оболочке.

Было замечено, что грибные **гифы**, проникнув через мембрану клетки водоросли, тем самым губят ее. То, что остается от клетки, лишайниковый гриб старательно подъедает, используя мертвую органику точно так же, как это делают обычные грибы. Вроде бы, исходя из этих наблюдений, картина вырисовывается ясная — гриб паразитирует на водоросли, отбирая у нее питательные вещества, а при случае может и вовсе убить и съесть. Но, подумаем, действительно ли такое возможно? Ведь, если гриб начнет проявлять себя слишком агрессивно, поражая все водоросли без исключения, то в конце концов все водорослевые клетки будут уничтожены и гриб погибнет с голоду, потому что питаться без помощи зеленого партнера лишайниковые грибы не умеют.



Гаустория — проникновение клетки гриба (1) в клетку водоросли (2)

Для существования лишайника необходимо, чтобы водоросль могла нормально расти, развиваться и размножаться. И лишайниковый гриб, чтобы выжить самому, должен создать для водоросли если не идеальные, то хотя бы сносные условия существования. Что он и делает.

Молодые, здоровые, размножающиеся водоросли в хозяйстве гриба окружены заботой и вниманием: они бесперебойно снабжаются всеми необходимыми веществами, а двигающие

гифы переносят их поближе к свету. Без надобности гриб не тревожит эти клетки, только иногда забирая у них часть органических веществ, которые они создали в процессе фотосинтеза. Эту «дойку» гриб производит очень осторожно, «стараясь» не нарушать целостности клеток.

Больные, старые, не способные к делению водоросли гриб уничтожает, «забивает на мясо», чтобы освободить места для молодых водорослей. Отмершие клетки гриб, как заботливый хозяин, сразу же пускает в переработку. Хозяйство должно содержаться в чистоте!

Да, гриб эксплуатирует водоросли, но делает это так мягко и деликатно, что назвать его паразитом было бы так же несправедливо, как назвать паразитом фермера-скотовода. Недавно было высказано предположение, что водоросль тоже паразитирует на грибе, забирая у него воду, минеральные и даже органические вещества. Получается, что отношения между компонентами лишайника следует называть «взаимовыгодным паразитизмом»! Впрочем, взаимовыгодный паразитизм — это и есть симбиоз.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ, ЧТО...

♦ Обычная лакмусовая бумажка, которую используют для определения кислотности растворов, имеет прямое отношение к лишайникам. Красящее вещество **лакмус** — продукт жизнедеятельности лишайников из рода **рочелла**.

РАСТЕНИЯ ЗАХВАТЫВАЮТ СУШУ

ЖЕСТОКИЙ НОВЫЙ МИР...

В те далекие времена, когда суша была голой каменистой пустыней, в морях и океанах Земли царствовали **водоросли** — тогда единственные представители царства растений. Среди водорослей встречались и просто устроенные одноклеточные организмы, и гораздо более совершенные растения со сложным ветвлением **слоевища**, части которого внешне напоминали листья и стебли. У некоторых наиболее сложно устроенных красных, бурых и зелёных водорослей возникли специальные органы полового размножения: женские — **архегонии** и мужские — **антеридии**, в которых под защитой толстых стенок развивались половые клетки — **яйцеклетки и сперматозоиды**. Большинство ученых склонно считать, что предками всех наземных растений были именно **зелёные водоросли** с разветвленным слоевищем и сложно устроенными половыми органами, которые могли защитить от высыхания половые клетки первых наземных обитателей.

Выход растений на сушу произошел примерно 450 млн. лет назад, когда в атмосфере сформировался тонкий **слой озона**, защищающий живые организмы от губительного действия космической радиации. До этого жизнь могла развиваться только в воде. Этому великому событию предшествовало полтора миллиарда лет, в течение которых происходило накопление кислорода в атмосфере планеты.

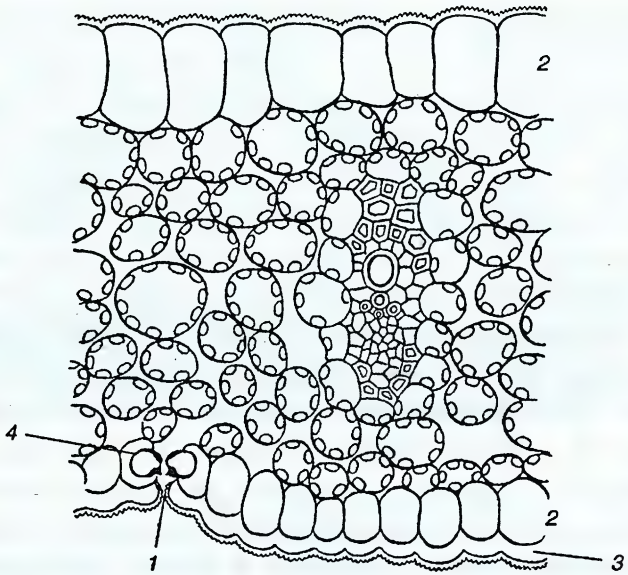
Чтобы выйти на сушу и завоевать ее, растениям пришлось решить ряд проблем, с которыми они не сталкивались в водной среде. И самой важной среди них стала проблема экономии воды.

Клетки живого организма на 90–98% состоят из воды, именно вода является той универсальной средой, в которой осуществляются все жизненно важные процессы клетки. Даже незначительная потеря воды представляет для живого организма смертельную опасность. В водной среде растения «не задумываются» над этим, но на суше они оказываются «лицом к лицу» с угрозой иссушения, поскольку вода постоянно испаряется с поверхности растения через оболочки клеток.

Как предотвратить губительную потерю воды? Конечно, скажете вы, растению нужно каким-то образом уменьшить количество испаряемой влаги, неплохо бы «изобрести» защитный слой, препятствующий испарению воды с поверхности растения. Такой слой действительно возник.

Кутикула (от латинского слова «cutis» — кожа) — воскоподобное вещество, плохо пропускающее водяные пары, покрывает все органы высших растений, подверженные иссушающему действию солнечных лучей и ветра. Слой кутикулы вырабатывает **кожица** — особая **покровная ткань.**

Водяной пар — тот же газ, поэтому, не давая испаряться парам воды, кожица и кутику-



Поперечный срез листа

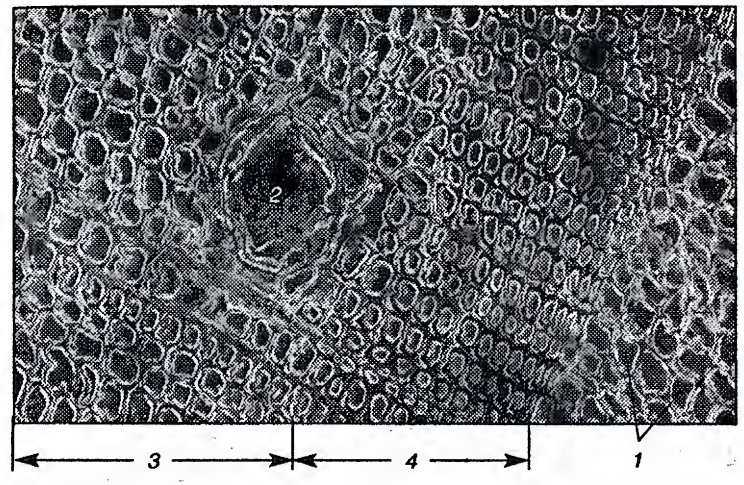
Газообмен и испарение воды могут происходить только через устьица (1) — отверстия в кожице (2), свободные от слоя воздухонепроницаемой кутикулы (3). Замыкающие клетки устьица (4) способны открываться и закрываться, регулируя испарение воды

ла одновременно препятствуют свободному прохождению других газов — кислорода и углекислого газа, необходимых растению для дыхания и питания. Поэтому в процессе эволюции в слое кожицы возникли мелкие невидимые простым глазом отверстия — **устьица**. Через устьица и происходит газообмен между растением и окружающим растение воздухом. Без устьиц растение просто задохнулось бы.

Кутикула и устьица выполняют в организме растения совершенно противоположные за-

дачи. Кутикула препятствует испарению воды, а через устьица постоянно происходит ее «утечка». Но теперь эта «утечка» поставлена под контроль растения — в зависимости от влажности воздуха и содержания воды в почве устьица открываются то больше, то меньше, а то и вовсе наглухо «задраиваются» до лучших времен.

Но кутикулу с устьицами еще предстояло развить, а пока, на первом этапе освоения суши, растения-первопроходцы столкнулись с массой других проблем. Одна из них также связана с водой — ее нужно не только экономить, но и получать из внешней среды. Корни растения, расположенные в почве, более или менее обеспечены влагой, но надземные органы нуждаются в бесперебойной подаче воды, постоянно теряющейся через устьица. Значит, между корнями растения и его надземной частью должны возникнуть транспортные магистрали, по которым вода с растворенными в ней минеральными веществами (их, между прочим, тоже в воздухе не сыскать) поставлялась бы от корней к самым удаленным от земли веточкам и листьям. Такими транспортными магистралями стали элементы **проводящей системы** растений: **сосуды** и **ситовидные трубки**. Ситовидные трубки поставляют воду вниз, доставляя органические вещества, полученные листьями, к корням, которые, погрузившись в почву, оказались отрезанными от света и неспособными к фотосинтезу.



Поперечный срез древесины сосны

1 — проводящие элементы («сосуды»); 2 — смоляной ход; 3 — «весенний» слой; 4 — «летний» слой древесины

Прочные одревесневшие стенки сосудов **древесины** заодно придают стеблю растения дополнительную жесткость и прочность, т. е. участвуют в решении третьей проблемы первопоселенцев суши — необходимости поддерживать тело в вертикальном положении.

Низшие растения — водоросли, живущие в воде, могут достигать 90 м в длину (некоторые представители **ламинариевых** водорослей), и такие размеры подводных обитателей никого не изумляют. Ведь и самое крупное животное планеты — синий кит (более 30 м в длину) тоже обитает в водной среде. В воде не надо тратить усилий на поддержание тела в пространстве, она сама поддерживает тебя. Вспомните, в воде вы можете стоять с полностью

расслабленными мышцами, а на суше для поддержания прямостоячего положения вам приходится постоянно напрягать мышцы спины, живота и ног.

Казалось бы, самые крупные растения должны встречаться в морях и океанах, но вот что удивительно: в отличие от животных, самые крупные растения встречаются не в воде, а на суше. Отдельные представители растительного мира достигают высоты более 100 м. Это самые высокие деревья планеты: **секвойядендрон гигантский** (зарегистрированный рекорд — 135 м), **эвкалипт царственный** (109 м), **секвойя вечнозеленая** (110 м). Вероятно, этот парадокс отчасти связан с тем, что для питания растениям необходим свет, поэтому часть растения должна возвышаться над землей и чем выше, тем лучше. Во все времена находились растения, выбиравшие стратегию гигантизма. Размеров деревьев (да они и были деревьями) достигали древние вымершие **хвощи — каламиты и плауны-чешуедревы**, а среди **папоротников** и до сих пор сохранились древовидные представители, напоминающие своим внешним видом пальмы. Но, стремясь ближе к солнцу, растения должны научиться поддерживать себя в вертикальном положении, что в воздухе сделать непросто.

Каким образом растения могут поддерживать себя в разреженной воздушной среде и противостоять действию ветров? В этом растению помогают специальные **механические**

Секвойядендрон гигантский

ткани — своеобразный скелет растения. Механические ткани состоят из клеток, стенки которых пропитаны веществом, придающим клеткам необычайную жесткость и прочность. Это вещество — уже знакомый нам лигнин, который мы упоминали в разделе, посвященном грибам. У растений, погруженных в воду, механические ткани не развиваются за ненадобностью. В отсутствии механических тканей у подводных растений легко убедиться, вытащив их из воды, — их стебли и листья сразу поникают, словно увядшие, они не способны поддерживать вертикальное положение.

Конечно, мы перечислили далеко не все сложности, возникшие перед растениями, заселившими сушу. Даже при условии решения проблемы иссушения, остается вопрос о том, как размножаться половым путем. У водорослей

мужские гаметы плывут к яйцеклеткам прямо в воде: всё просто. А на суше примитивным высшим растениям, унаследовавшим от предков «водный» способ полового размножения, приходится ждать дождя, чтобы сперматозоиды могли доплыть до яйцеклеток по пленке воды. Окончательно освободить процесс размножения от водной зависимости удалось только **цветковым**, но сейчас давайте познакомимся с первооткрывателями суши и посмотрим, какие изменения внешнего и внутреннего строения происходили у растений по мере освоения наземной среды обитания.

ПЕРВЫЕ ШАГИ

Заселение суши растениями происходило медленно и постепенно. Сначала была освоена приливно-отливная зона морей и океанов, где водная и наземная среда обитания словно встречаются вместе. И, конечно, **водоросли** первыми заселили эту переходную между сушей и водой зону. Как это происходило, можно предположить, глядя на современные водоросли, растущие в приливно-отливной зоне. Эти водоросли периодически подвергаются иссушающему воздействию воздушной среды во время отлива. Поэтому у них возникли защитные приспособления от высыхания: их слоевища выделяют много слизи, которая помогает лучше удерживать воду, плотные многослой-

ные чехлы и оболочки препятствуют обезвоживанию. Чтобы противостоять действию приливов, отливов и ударам волн, у многих «полуназемных» водорослей развиваются механические «ткани», препятствующие повреждению и разрыву **слоевищ**, а у некоторых представителей водорослей находят даже элементы **проводящей системы**, отдаленно напоминающие сосуды наземных растений. Толстые оболочки **спорангиев** и **половых органов**, защищают от высыхания развивающиеся **споры**

Эволюционное древо царства растений

1 — водоросли (низшие растения); 2 — мхи; 3 — плауны. 4 — хвощи; 5 — папоротники; 6 — семенные папоротники; 7 — голосеменные; 8 — цветковые

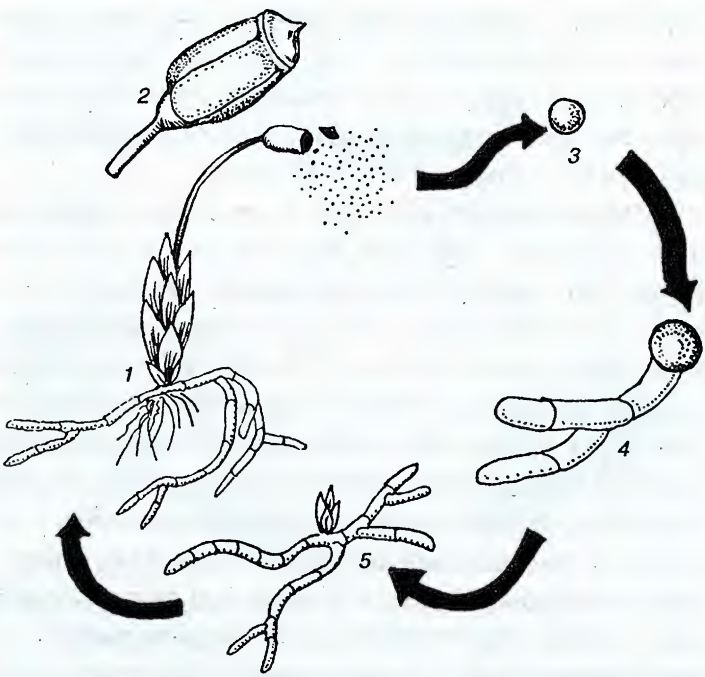
и **половые клетки**. Как видите, некоторые водоросли уже серьезно подготовлены к жизни в наземных условиях, а отдельные их представители (например, **трентеполия**) постоянно живут на суше.

Предполагается, что первые, еще похожие на водоросли, наземные растения возникли в таких земноводных условиях прибрежной части водоемов, только, скорее всего, не соленых, а пресных.

Родоначальниками **высших растений** были, как мы уже сказали, **зелёные водоросли**. Именно они дали начало двум группам наземных растений: **моховидным** (настоящим и печеночным мхам) и **сосудистым**, к которым относятся все остальные высшие растения: **хвощи, плауны, папоротники, голосеменные** и **покрытосеменные**, или **цветковые**.

МОХОВИДНЫЕ

Мхи называют земноводными растениями, и не случайно. С одной стороны, мхи — полноправные обитатели суши, с другой — они еще очень тесно связаны с водой. Вспомните, где чаще всего мы встречаем мхи: на болотах, в тенистых и сырых уголках леса, у комлей деревьев, по берегам ручьев — насыщенный парами воды воздух и влажная почва — обязательные условия их существования. В том числе и потому, что процесс оплодотворения у мохо-



Жизненные стадии мха

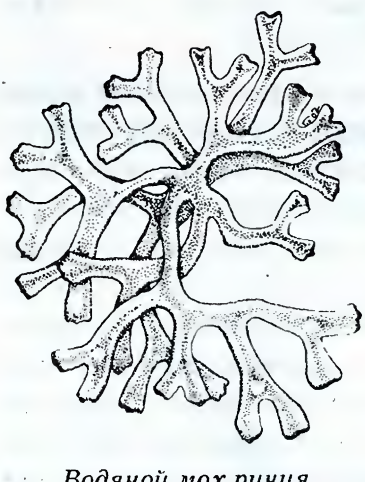
1 — слоевище; 2 — спорангий (коробочка); 3 — спора; 4 — первонить; 5 — почка на первонити

видных протекает только при наличии воды: подвижный **сперматозоид** должен приплыть к **яйцеклетке**. Как мы уже выяснили, этот «водный» способ полового размножения моховидные унаследовали от своих предков — **зелёных водорослей**.

Что представляет собой типичный мох? Основная его часть — это зеленое слоевище, которое в обыденной жизни мы и называем мхом. Но мох не так прост, каким кажется. Вам приходилось когда-нибудь замечать на

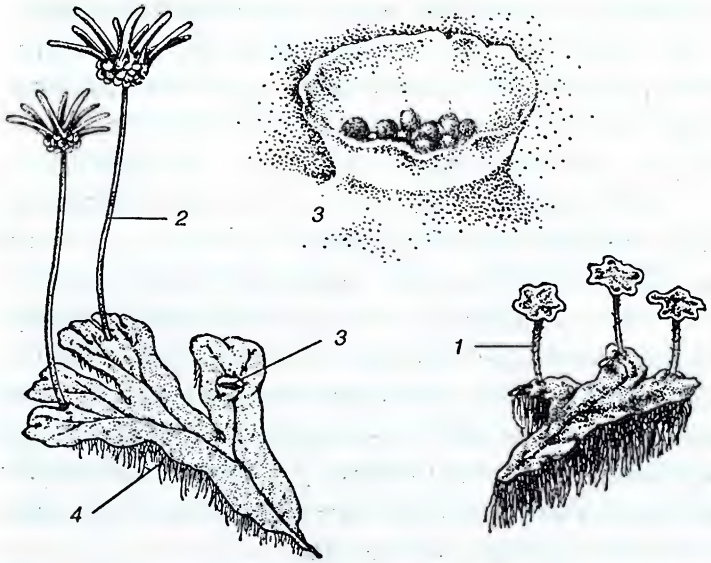
верхушке растения мха невзрачные коричневые или блестящие, как медная проволока, ниточки со вздутиями на конце? Эти вздутия, называемые **коробочками**, — **спорангии** мхов, внутри них развиваются **споры**.

Высыпавшись из коробочки, споры дают начало новым слоевищам мха. Но как головастик ничем не напоминает взрослое животное — лягушку или жабу, так и молодой мох совершенно не похож на взрослый. Если посеять споры мха в плоскую стеклянную чашку на влажную вату и закрыть ее крышкой (иначе посев заглушат плесневые грибы), то через некоторое время вы обнаружите, что вата покрылась тонкими изумрудными нитями. Эти нити, удивительно напоминающие нитчатую водоросль, и есть молодое растение мха. Вскоре на нитях водорослеобразного молодого мха образуются маленькие почки и из них вырастает привычная нашим глазам куртинка взрослого мха.



Водяной мох ричия

Внешне разные представители мохообразных сильно отличаются друг от друга. Например, водяной мох **ричия** по внешнему виду и месту обитания гораздо больше напоминает водоросль. Вы можете найти ричию прак-



Маршанция многообразная: участки двух слоевищ с мужскими и женскими подставками

На слоевищах маршанции можно видеть подставки двух типов: мужские (1) и женские (2) и корзиночки с выводковыми почками (3). Пластинчатое тело мха прикрепляется к земле с помощью многоклеточных ризоидов (4). Справа выводковая корзиночка (увеличенная)

тически в любом аквариуме, ее ярко-зеленые подушки плавают у поверхности воды.

Другой представитель моховидных — **маршанция многообразная** тоже устроена необычно. У нее нет подобия листьев и стебля, как у болотного мха **сфагнума** или **кукушкина льна** (политрихума). Плоские зеленоватые пластиночки маршанции украшены миниатюрными ямками и выпуклостями, напоминающими кратеры вулкана. В мае — начале июня из пластиночек вырастают зеленоватые маленькие

зонтики на ножках, которые так и хочется назвать «цветочками». Ученые дали этим зонтикам специальное название — **подставки**. К настоящим цветкам подставки не имеют никакого отношения, хотя и служат печеночным мхам для тех же целей, что и цветки — для бесполого и полового размножения.

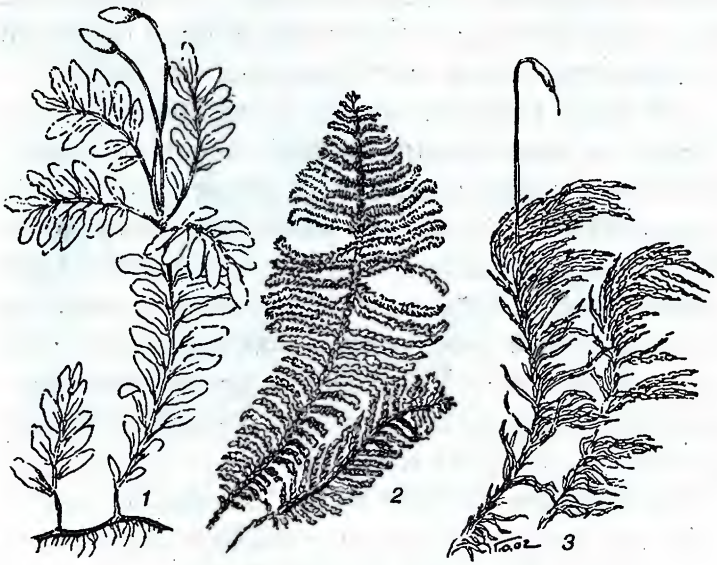
Маршанция может размножаться вегетативным способом с помощью так называемых **выводковых телец**. Выводковые тельца представляют собой кусочки слоевища различной формы, они образуются либо на поверхности слоевища, либо в особых углублениях-корзиночках. Они смываются на землю водой и прорастают в новые слоевища.

Маршанцию можно найти в сырых и тенистых местах, часто поблизости от воды. В благоприятных условиях этот печеночный мох образует плотные коврики, иногда сплошь покрывая землю.

Попробуйте осторожно приподнять слоевище маршанции, и вы почувствуете сопротивление, как будто что-то удерживает растение. На нижней стороне слоевище покрывают многочисленные полупрозрачные нити, с помощью них маршанция прикреплена к почве. Эти нити называются уже знакомым вам термином — **ризоиды** (если забыли, посмотрите на с. 153), а настоящих корней у моховидных еще нет. Напомним, что в отличие от корней ризоиды образованы одной или, в лучшем случае, несколькими клетками.

Маршанция и ричия относятся к классу **печеночных мхов.** Печеночными эти мхи прозвали за то, что их слоевище отдаленно напоминает по форме дольки печени, поэтому в Средневековье европейцы приписывали этим мхам лечебные свойства при заболеваниях печени (в те времена люди считали, что внешний вид растений говорит о его целебных свойствах: на какой орган похоже, тот и лечит).

«Типичными» в нашем представлении мхами являются **листостебельные мхи: сфагнумы, мниумы, кукушкин лён** и другие. Выглядят они уже как настоящие наземные растения: с «листьями» и «стеблями». «Листья»



Листостебельные мхи

1 — мниум волнистый; 2 — птилиум гребенчатый (страусово перо); 3 — дикранум метловидный

и «стебли» взяты в кавычки не случайно, дело в том, что настоящих органов высших растений под названием «лист» и «стебель» у мохообразных нет. Так же как ризоиды нельзя назвать корнями, выросты слоевища, напоминающие листья, еще нельзя назвать листьями.

У сосудистых растений каждый орган обладает особым строением и, благодаря такому строению, выполняет в организме растения особые функции: лист фотосинтезирует и испаряет воду, корень насасывает водные растворы минеральных веществ и закрепляет растение в почве, стебель проводит растворы минеральных и органических веществ вверх и вниз по стеблю. Таким образом, у сосудистых растений органы отличаются между собой не только строением, но и функциями.

У мхов отличие между «стеблями», «корнями» и «листьями» больше внешнее. Смотрите сами: сфагновый мох может впитывать так много воды, что его «мокрый» вес в двадцать раз превышает вес сухого растения (для сравнения: хлопковая вата может поглотить только в 4–6 раз больше собственной сухой массы). И всю эту огромную массу воды впитывают не ризоиды, которых у сфагнума просто нет, а «стебли» и «листья»!

В отличие от мхов корни, стебли и листья сосудистых растений связаны между собой сосудами **проводящей ткани**. У мхов проводящей системы нет: ризоиды, «листья» и «стебли» лишены **сосудов** и **ситовидных трубок**, и

вода с растворенными в ней минеральными элементами просто всасывается всей поверхностью слоевища.

Даже в жаркий сухой день на сфагновом болоте верхушки мхов влажные на ощупь. Казалось бы, объяснение этому явлению очень простое — ведь сфагнум растет на болоте, а болотная почва всегда влажная. Это, конечно, так, но как, скажите, влага попадает из почвы к верхушкам растений, если у мхов нет «водопровода» из клеток-сосудов? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно внимательно рассмотреть растеньице сфагнума. От основного

Сфагнум

Прижатые к «стеблю» веточки сфагнума (1) способствуют возникновению капиллярной силы, которая поднимает жидкость вверх (2)

«стебля» этого мха отходят веточки второго порядка, часть из них торчит в стороны, они более зеленые, другая часть почти белых веточек плотно прилегает к основному «стеблю». По тоненьким каналам, образованным этими поникшими веточками, вода, как по фитилю, поднимается к верхним частям растения под действием капиллярной силы, подобно тому, как поднимается вода по стеклянным трубочкам-капиллярам.

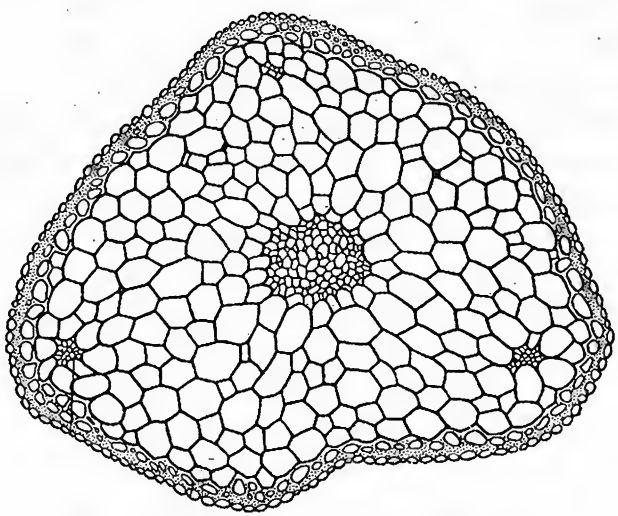
УСПЕХ НЕУДАЧНИКОВ

Даже при поверхностном взгляде на разные мхи становится понятно, что внешне все они очень сильно отличаются друг от друга: **ричия** похожа на водоросль, **маршанция** — вообще ни на что не похожа, особенно на своих родственников — **листостебельных мхов.** Что же может быть общего между ними?

Как и у водорослей, тело всех мхов состоит из **ризоидов** и **слоевища.** Листостебельные мхи не составляют исключения, ведь мы с вами только что выяснили, что настоящих листьев и стеблей у них нет. Помните, слоевища водорослей тоже могут быть похожи на побеги? Мхи во многом сохранили водорослевые черты своих предков, но это уже не водоросли. Основное отличие мхов от водорослей заключается в том, что у них появились **ткани** — эта черта и позволяет относить мхи к высшим растениям.

Как вы помните, все клетки водорослей почти одинаковые и выполняют одни и те же задачи. У мхов дело обстоит несколько иначе. Снаружи их слоевище покрывает тонкая **кожица (эпидермис) — покровная ткань.** Кожица состоит из одного слоя особых клеток, которые ответственны за образование защитного слоя **кутикулы** и обеспечивает растению газообмен через **устьица.** У некоторых мхов есть и зачатки **механических** и **проводящих тканей.** Но основное отличие мхов от водорослей заключается в появлении кожицы, кутикулы и устьиц.

Наш рассказ о мхах мы начали с того, что назвали эти растения земноводными, поскольку они уже вышли на сушу, но еще не до конца порвали с водой. Мхи уже «обзавелись» такими важными для наземной жизни новшествами



Поперечный срез «стебля» мха

как кожица, покрытая слоем кутикулы, и устьица. Но эти приспособления к наземной жизни еще до того несовершенны, что без воды мхи обходиться все равно не могут. Взять хотя бы кутикулу. У многих мхов она настолько тонка, что снижает испарение воды лишь незначительно, поэтому мхи очень легко теряют влагу и вынуждены постоянно восполнять ее недостаток.

Устьица мхов тоже далеки от совершенства. Они действуют совершенно не так, как у других растений. Чтобы уменьшить потерю влаги, устьица должны закрываться сразу же, как только в окружающих клетках начинается нехватка воды. У мхов они полностью закрываются только после того, как растение полностью высохнет.

В начале нашего рассказа о наземных растениях мы выяснили, что на суше растениям необходимо «научиться» поддерживать тело в вертикальном положении. Первопроходцам суши — мхам решить эту проблему толком не удалось. Вы, наверное, обращали внимание на то, что мхи растут плотными куртинками. В таких куртинках «стебли» мхов стоят плечо к плечу, поддерживая друг друга в вертикальном положении. Если отделить одно из растений, у вас в руках оно не сможет стоять прямо, — механические ткани у мхов развиты еще очень слабо. А без развитых механических тканей путь вверх, к свету закрыт. Абсолютное большинство мхов не превышают высоты

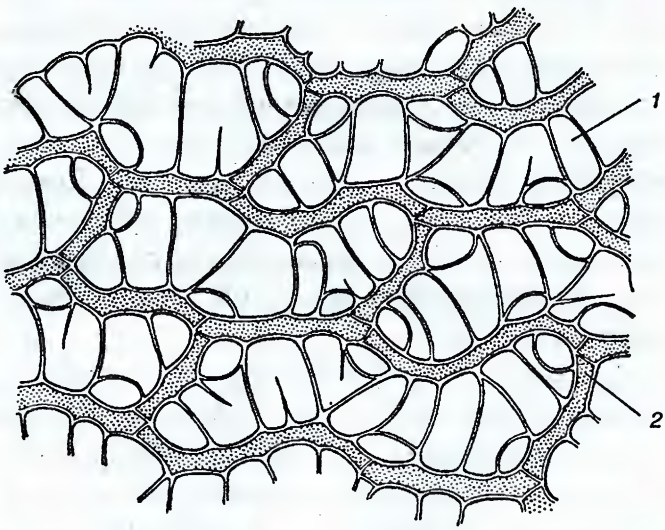
10–15 сантиметров, а более примитивные печеночные мхи и вовсе стелятся по земле.

Мхи — одни из самых древних жителей суши. Их ископаемые остатки имеют возраст около 370 миллионов лет. Как же удалось дожить до наших дней этим древним и мало приспособленным к жизни на суше растениям? И не просто выжить, а еще распространиться по всей планете и дать начало множеству видов. В настоящее время насчитывается около 16 000 видов мхов. Это больше, чем в любой другой группе высших растений, за исключением венца эволюции — покрытосеменных. Правда, неплохо для примитивных земноводных растений?!

Древние и примитивные мхи не только не сдали своих позиций, они успешно отстаивают свои права на существование иногда практически на равных с деревьями, кустарниками и травами. Особенно достойно выглядят мхи на **верховом болоте** — это их царство. Яркий и упругий моховой ковер может тянуться на многие километры. А как жалко смотрятся на фоне великолепных зарослей мха чахлые сосенки и березки!

Секрет стойкости и живучести мхов в их коллективизме. Вам когда-нибудь приходилось видеть одиночное растение мха? Вряд ли, разве что на самых ранних стадиях развития. Мхи всегда растут группами, куртинами, иногда напоминающими пышные подушки. Выжить в коллективе всегда проще, чем поодиночке.

Самое слабое место мхов — их зависимость от воды. Коллективный образ жизни помогает смягчить и эту проблему. Помните, как много воды может поглощать болотный мох **сфагнум**? Чем больше моховая подушка, тем больше воды может она хранить, тем лучше живется каждому отдельному растению. Хотя сфагнум — это настоящий чемпион по запасанию воды, другие мхи мало ему уступают. Разрастаясь, они даже могут вызвать заболачивание почвы, сами себе создавая условия для существования. Конечно, болота возникают не только из-за разрастания мхов, для этого требуется несколько условий, но мхи, безусловно, очень способствуют заболачиванию.



Строение «листа» сфагнума

Крупные мертвые клетки, запасающие воду (1), окружены более мелкими живыми, в которых содержатся хлоропласты (2)

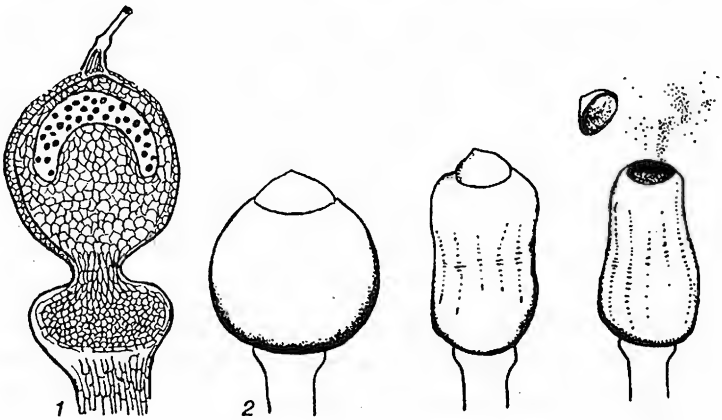
Коллективизм мхов не только помогает им сохранять необходимую для них воду, но и противостоять конкурентам в лице трав, деревьев и кустарников. Плотный моховой ковер создает препятствие для прорастания семян других растений. Это препятствие преодолимо далеко не для всех растений. Когда в следующий раз будете в лесу, попробуйте найти на почве проростки деревьев — убедитесь в том, что большинство из них растет на почве, свободной от мохового покрова.

Мхи сделали ставку на коллективизм и не прогадали. Коллективный образ жизни позволил им скомпенсировать многие слабые стороны «моховой» организации и благополучно дожить до настоящего времени.

РАЗМНОЖЕНИЕ МХОВ

Бесполое размножение мхов происходит с помощью **спор**. Они защищены от высыхания плотной оболочкой, а их созревание происходит внутри многоклеточных **спорангиев**, где интенсивность испарения намного меньше, чем на поверхности слоевищ. Практически невесомые споры распространяются по воздуху и с помощью ветра могут переноситься на огромные расстояния, способствуя расселению мхов.

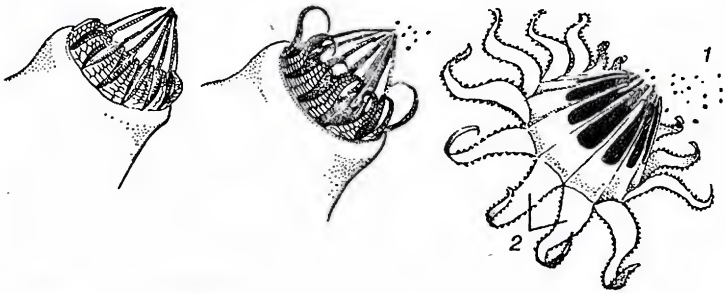
Рассеивание и распространение спор — отдельная задача, которую разные моховидные решили по-своему. Спорангий (коробочка)



Строение спорангия сфагнума (1) и механизм рассеивания его спор (2)

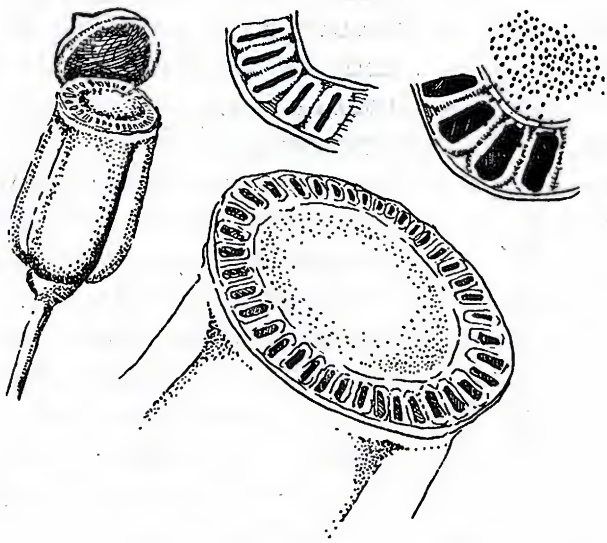
белого мха **сфагнума** буквально взрывается — крышечка, покрывающая его сверху, взлетает на 15 см вверх! Вот как это происходит. Когда коробочка созревает, ее внутренние ткани сморщиваются, и воздух втягивается внутрь. Устьица, через которые вошел воздух, при высыхании коробочки закрываются. Когда стенка коробочки подсыхает и съеживается, воздух остается внутри, как в ловушке, и начинает давить на ее стенки и крышечку с силой до 5 атмосфер. Когда сила давления становится больше сил сцепления стенок коробочки и крышечки, происходит взрыв.

Несколько по-другому происходит рассеивание спор у **кукушкина льна** и других видов рода **политрихум**. При созревании спорангия крышечка опадает, открывая кольцо зубцов, окружающих щелевидное отверстие по краям



Коробочка политрихума: 1 — споры; 2 — зубцы, регулирующие степень открытия коробочки

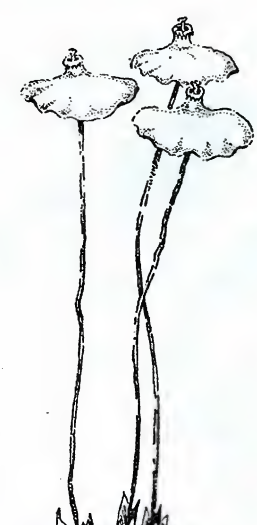
коробочки. Роль этих зубцов очень важна: они регулируют высыпание спор и защищают их от намокания — тяжелая, мокрая спора далеко не улетит. Во влажную погоду зубцы набухают и, изгибаясь, закрывают устье коробочки.



Механизм рассеивания спор у одного из видов политрихума

У мха **тэйлории тонкой** (*Tayloria tenius*) зубцы коробочки настолько чувствительны, что реагируют на изменение влажности воздуха, вызываемое дыханием человека.

У мхов из рода **спляхнум** (*Splachnum*) распространение спор происходит с помощью... насекомых! Спляхнум поселяется в сырых местах на помете некоторых млекопитающих (медведей, оленей, лосей и др.) или падали, в общем, там, куда мухи летят откладывать яйца. Мох образует плотные подушечки, над которыми возвышаются коробочки на толстых прозрачных ножках высотой до 15 см. Сплюснутые, как шляпки, коробочки спляхнумов имеют необычайно большие размеры — до 2 см в диаметре. Кроме этого, коробочки ярко окрашены в желтые, фиолетовые, красные цвета. Споры спляхнума в отличие от спор других видов мхов клейкие и распространяются мухами, которых привлекает яркая окраска коробочек. А некоторые спляхнумы для привлечения мух еще и пахнут! **Спляхнум ампуллящеус** (*Splachnum ampullaceus*), например, издает запах молочной кислоты. Яркая окраска коробочек и привлекательные для мух

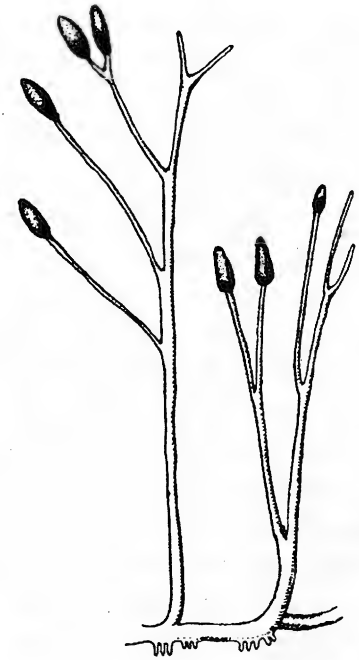


Спляхнум

запахи служат насекомым указателями мест, где они могут отложить яйца. Мухи, перелетая от одной навозной кучи к другой, заносят спляхнум на новое место. Не правда ли, такое сотрудничество между мухами и мхами похоже на отношения цветковых растений и насекомых-опылителей!

ПАПОРОТНИКИ, И НЕ ТОЛЬКО

Все наземные растения, за исключением мхов, относятся к группе **сосудистых.** У сосудистых растений есть настоящие листья, побеги и корни. Все эти органы выполняют определенные, каждый свои, функции, состоят из специализированных **тканей** и содержат **сосуды** и **ситовидные трубки.** Вспомните, у ложных «листьев» и «стеблей» мхов проводящая система только намечается или просто отсутствует, что не позволяет мхам эффективно осваивать сушу. Без сосудов, например, нечего и думать о корнях, которые у сосудистых растений проникают глубоко в почву, добывая воду. И именно по сосудам древесины эта «с боем» добытая вода разносится ко всем остальным частям растения. По ситовидным же трубкам луба (внутренней, живой части коры) растворы сахаров от листьев, где они образуются, отводятся к стеблям и корням. Без систем транспорта, объединяющих всё тело растение в единый организм, было бы невозможно разделить



Риния большая — представитель риниофитов

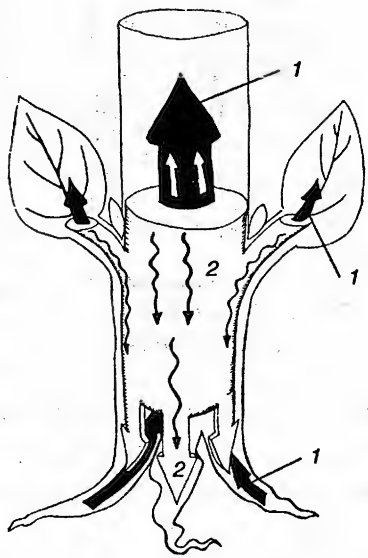
«профессии» листьев, стеблей и корней, и наземные растения так бы и остались малоэффективными медленно растущими мхами, впадающими в анабиоз через день после прекращения дождя.

Самые древние из известных нам сосудистых растений — это **риниофиты**, обитавшие в болотах силурийского и девонского периодов (438–360 млн. лет назад). У риниофитов еще не было листьев, фотосинтез осуществлялся зелеными клетками коры. Под корой проходили тяжи древесины, одновременно проводя водные растворы к надземным частям растения и придавая побегам прочность. Древесина занимала всю центральную часть стебля, а по краям к ней примыкал слой клеток, напоминающих ситовидные трубки современных растений. От корневища отходили зеленые «побеги» высотой до полуметра и ризоиды. «Побеги» риниофитов были защищены от высыхания слоем кутикулы с устьицами. На верхушках безлистных побегов

находились органы бесполого размножения – спорангии со спорами.

Риниофиты сохранились до наших дней только в ископаемом состоянии, но их потомков — хвощи, плауны, папоротники, голосеменные и цветковые — мы можем увидеть и сегодня. В современной ботанике хвощи, плауны и папоротники относят к разным отделам, но их объединяет то, что все они уже сосудистые, но еще споровые, а не семенные растения.

Водоснабжающая система сосудистых растений не только осуществляет связь между листьями и корнями, но и придает побегам жесткость и прочность, что позволяет им достигать больших размеров. Этому же способствует и сильное развитие механических тканей. Мы привыкли к папоротникам-травам, но в тропиках до наших дней дожили и **древовидные папоротники**, достигающие высоты 24 м. Настоящие папоротниковые леса



Транспорт воды в сосудистых растениях

По сосудам древесины вода с растворенными минеральными веществами движется вверх (1), а по ситовидным трубкам луба растворы сахаров оттекают от листьев к корням (2)

сохранились в Новой Зеландии, на Тасмании и других островах Тихого океана. Побывав там, можно почувствовать себя путешественником на машине времени, оказавшимся 320 млн. лет назад в лесу каменноугольного периода!

Современные хвощи и плауны — только травы, но так было не всегда. В лесах каменноугольного периода вместе с древовидными папоротниками царствовали древовидные хвощи и плауны. Вымершие плауны рода **лепидодендрон** (в дословном переводе с греческого — чешуедрево) в высоту достигали 30 метров, а диаметр их ствола у основания составлял более одного метра. 400–300 млн. лет назад лепидодендроны-чешуедревы покрывали бóльшую часть суши сплошными лесами. Их остатки превратились в каменный уголь. В горных породах и пластах каменного угля можно найти отпечатки коры и листьев лепидодендронов. По ним ученые восстановили общий вид древнего плауна. Длинные шиловидные листья длиной до 1 м сидели на верхушке ствола по спирали. Нижние листья постепенно отпадали и оставляли ромбические следы. Поэтому весь ствол лепидодендронов несколько напоминал вафлю, свернутую в трубочку.

Каламиты — гигантские хвощи — вырастали до 18-метровой высоты. Представить себе древние каламиты очень легко — нужно просто мысленно увеличить травянистый хвощ в несколько десятков раз. Фотосинтез у каламитов осуществляли листья, которые достигали

Лес каменноугольного периода:
1 — каламиты; 2 — лепидодендроны; 3 — семенные папоротники

длины 7 см и были расположены на стебле мутовками. В отличие от каламитов мелкие чешуевидные листья современных хвощей функцию фотосинтеза практически не выполняют, вместо них фотосинтезируют зеленые побеги.

Плауны, хвощи и папоротники объединяет тип размножения. Их споры, образующиеся на взрослых растениях, дают начало тоненькой зеленой цепочке клеток, удивительно напоминающей то ли нитчатую водоросль, то ли молодое растение мха. Затем из нее образуется тоненькая зеленая пластиночка, называемая

заростком. В данном случае опять проявляется закон зародышевого сходства: в своем индивидуальном развитии организм кратко повторяет эволюционное развитие предков: от одноклеточных протистов (спора) через нитчатые водоросли (первонить) до первых сухопутных растений, прижимающихся к земле.

На заростке развиваются **половые органы**, в которых формируются **сперматозоиды** и **яйцеклетки**. Получается, что наземные споровые растения унаследовали от водорослей не только стадию первонити, но и чередование двух совершенно непохожих поколений. Ведь что такое заросток как не **гаметофит**, а взрослые, привычные нам плауны, хвощи и папоротники — это же **спорофиты**! (Если забыли, что это такое, посмотрите на с. 170). Однако если для водорослей разделение на разные поколения было весьма выгодным изобретением, то на суше такой жизненный цикл стал обузой. Чтобы гаметофит-заросток дал начало спорофиту, сперматозоид должен приплыть к яйцеклетке и слиться с ней. У всех папоротникообразных сперматозоид может добраться до яйцеклетки только вплавь по тонкой пленке воды. Нет воды — нет и оплодотворения. Как видите, и в этом папоротникообразные еще сильно напоминают мхи и даже водоросли. Наследство предков, ничего не сделаешь.

Тяжелая наследственность не помешала папоротникообразным процветать на планете около 70 млн. лет с конца девонского периода (370–

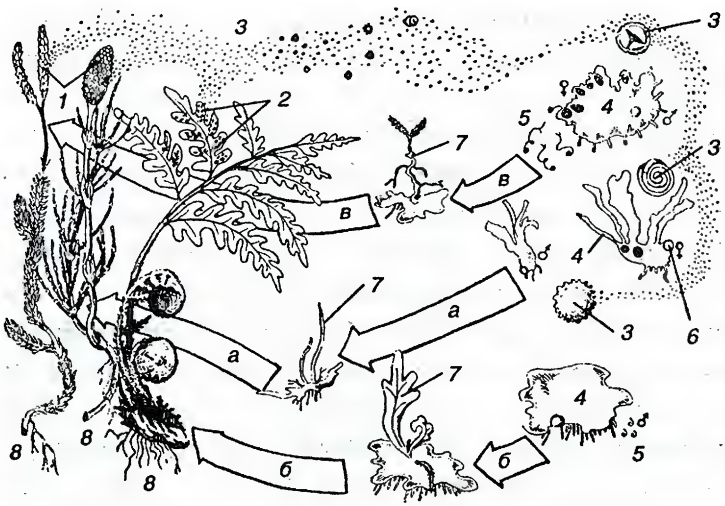


Схема жизненного цикла хвоща (а), папоротника (б) и равноспорового плауна (в)

1 — спороносный колосок; 2 — сорусы; 3 — споры; 4 — заросток; 5 — сперматозоид; 6 — яйцеклетка; 7 — молодой спорофит; 8 — взрослый спорофит

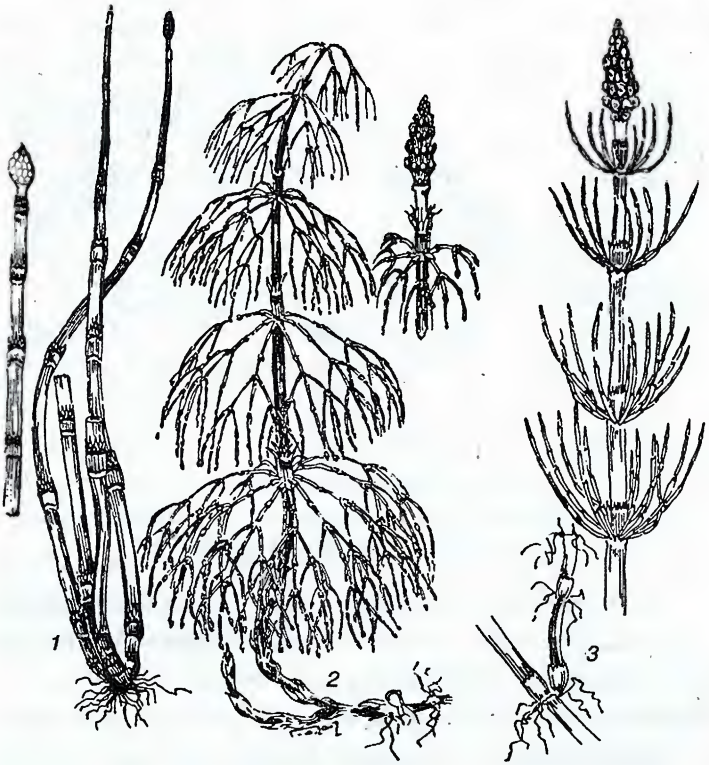
360 млн. лет назад) до начала пермского периода (280 млн. лет назад). Тогда на планете господствовал мягкий, влажный, ровный климат. Большую часть суши занимали низменности с мелководными озерцами и болотами. Такие условия как нельзя лучше подходили для роста и развития папоротникообразных: на влажной почве развивались их нежные заростки, во влажной среде происходил процесс оплодотворения. В пермском периоде (286– 248 млн. лет назад) климат стал гораздо суше, и огромные пространства болот и мелководий пересохли. Большинство папоротникообразных вымерло, вытесненные более приспособленными

к недостатку воды семенными растениями, которые уже успели к тому времени возникнуть.

Из огромного разнообразия древних хвощевидных до нашего времени дожил только один род хвощей, включающий всего 15 видов, распространенных, правда, по всему земному шару. Плаунов сохранилось несколько больше: около 1000 видов, но в основном в тропиках. В Европейской части России встречается 7 видов плаунов. Папоротникам «повезло», пожалуй, больше всего: их более 12 000 видов и многие из них вы постоянно встречаете на прогулке в лесу.

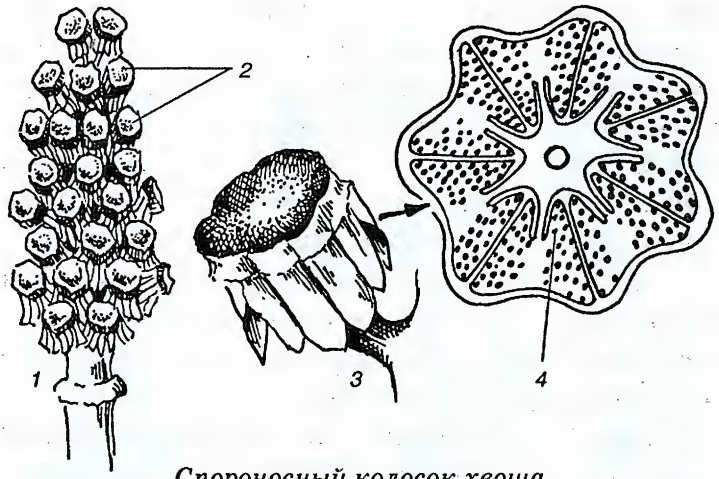
ХВОЩИ

Разные виды **хвощей**, изображенные на рисунке, на первый взгляд довольно сильно отличаются друг от друга. Но, если присмотреться внимательнее, у всех у них нетрудно выявить общие черты. Во-первых, членистое строение побега — членики стебля словно вставлены друг в друга, как в стереоскопической трубе или складной указке. По мере роста членики побегов удлиняются, и стебель будто раскладывается, действительно напоминая подзорную трубу. Каждый членик отделен от другого мутовкой невзрачных чешуевидных листьев — по их форме, числу и цвету можно определить разные виды хвощей. Плотно прилегающие к стеблю чешуйки защищают растущие части побега и спорангии от высыхания.



Хвощи: 1 — зимующий; 2 — лесной; 3 — приречный

Побеги разных видов хвощей отличаются степенью ветвления. Например, у **зимующего хвоща** стебель простой без единой боковой веточки. Побеги этого хвоща живут несколько лет, за это он и получил свое название — зимующий. А **лесной хвощ** можно назвать самым ветвистым: веточки отходят не только от главного побега, но и от боковых ветвей. Боковые веточки всех хвощей имеют такое же членистое строение, как и главный побег.



Спороносный колосок хвоща
1 — общий вид; 2 — спорофиллы; 3 — отдельный спорофилл увел.; 4 — спорангии

На верхушке побегов хвощей образуются органы спороношения — **спорангии**. У хвощей они сидят не поодиночке, а собираются в целый колосок. Каждый колосок состоит из 10–20 щитовидных «листочков», под которыми прячутся по 4–6 спорангиев. Для того чтобы отличать обычные листья от спороносных, ученые придумали специальный термин — **спорофилл** (от слов «спора» и «филлон» — лист). Запомнить это слово несложно, но очень нужно — оно еще не раз повстречается вам на страницах этой книги.

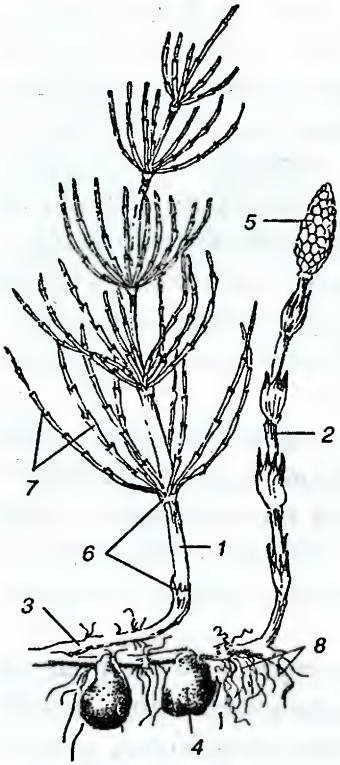
У большинства видов колоски со спорангиями можно видеть только весной или в начале лета, а у зимующего хвоща старые колоски сохраняются на побеге еще в течение одного-двух лет. А вот **полевой хвощ** «отличился»

тем, что имеет два типа побегов. Первые желто-бурые побеги со спороносными колосками на верхушке появляются обычно в начале мая и «заняты» исключительно размножением — они не содержат хлорофилла. Побеги второго типа — вегетативные: они зеленые, ветвистые и появляются после отмирания спороносных.

Основная часть растения хвоща находится под землей. Масса подземных органов хвощей — корневищ и корней — во много раз превышает массу надземных побегов.

Кстати, не путайте корни и корневища! **Корневище** — это не страшный корень-людоед, и вообще не корень, а подземный видоизмененный побег, служащий для хранения запасов, переживания трудных времен и вегетативного размножения.

Корневища хвоща растут в почве сразу в двух направлениях — горизонтально и вертикально. С помощью горизонтальных корневищ, часто расположенных на глубине 0,5–2 м, хвощ захватывает новые территории, а с помощью вертикальных — осваивает их. Как и на надземных стеблях, на корневище можно рассмотреть чешуйчатые листья и почки, из которых каждую весну развиваются новые надземные побеги. В корневище откладываются запасы питательных веществ, в основном **крахмала**. Иногда удается найти клубеньки, они напоминают миниатюрные картофелины (1–1,5 см в диаметре) и также являются запасающими органами хвощей. Раньше бедное население Ев-



Полевой хвощ

1 — вегетативный побег (летний); 2 — генеративный побег (весенний); 3 — корневище; 4 — клубеньки; 5 — спороносный колосок; 6 — чешуевидные листья; 7 — боковые веточки; 8 — придаточные корни

разии и Северной Америки широко использовали сладковатые клубеньки полевого хвоща в пищу. Сладковаты на вкус и спороносные побеги полевого хвоща. Однако не слишком-то увлекайтесь поеданием хвощей — среди них есть и ядовитые.

Корни хвощей часто вырастают до 2 м в длину и легко достигают водоносных горизонтов, что позволяет этим растениям жить даже на сухих почвах. Корневища хвощей тянутся под землей на многие метры. Их старые участки отмирают, и молодые отделяются друг от друга, постепенно одно растение дает начало нескольким самостоятельным — так происходит вегетативное размножение хвощей. Способность размножаться даже небольшими кусочками корневищ делает хвощи трудноискоренимыми и надоедливыми сорняками. Попробуйте

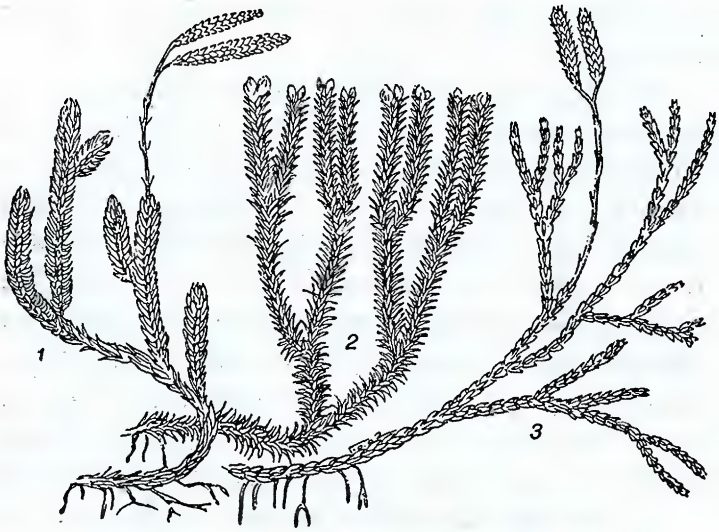
выселить хвощ с грядки, и вы поймете, что я имею в виду.

Такая живучесть и неприхотливость очень выручает хвощи. Нередко они образуют чистые заросли в тех местах, где другие растения не могут жить, например, из-за чрезмерного обилия воды или, наоборот, из-за ее недостатка в поверхностных слоях почвы. Захватив какую-нибудь территорию, хвощи успешно удерживают ее, несмотря даже на засухи, лесные пожары, палы и вытаптывание скотом. И всё это благодаря ползучим корневищам, надежно защищенным толстым слоем почвы.

Споры хвощей, как и других папоротникообразных, могут прорастать только на влажной почве. Их заросткам для развития тоже необходима вода, но тем не менее хвощи вовсе не «привязаны» к влажным местообитаниям — после того как на заростке вырастет молодой хвощ, он благодаря длинным корневищам расползается далеко в стороны, захватывая всё новые участки, даже те, где из споры он бы ни за что не пророс. Вероятно, именно способность к разрастанию и вегетативному размножению позволила хвощам сохраниться до наших дней.

ПЛАУНЫ

Если вы хотите увидеть **плауны**, лучше всего отправиться в хвойный лес. В ельнике вам, скорее всего, встретится **плаун-баранец**,

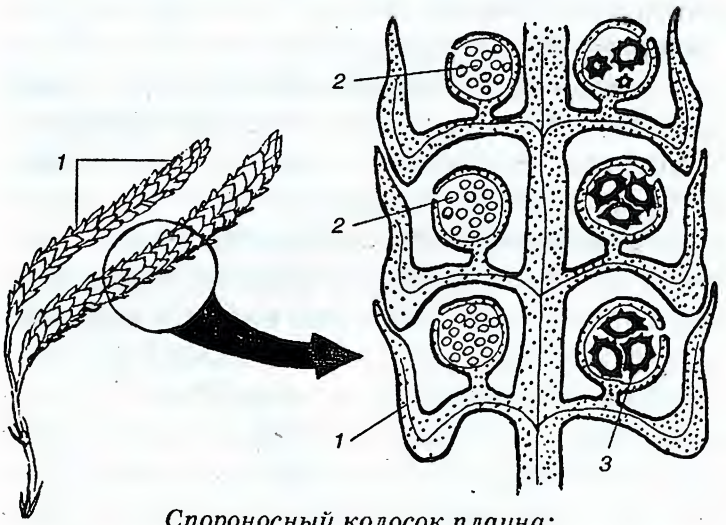


Плауны:
1 — булавовидный; 2 — баранец; 3 — сплющенный

а в сосняке — плауны **булавовидный** и **сплющенный**. По внешнему виду плауны напоминают миниатюрные елочки. В отличие от хвощей листья у них находятся без труда, они густо покрывают побег от корней до самых кончиков. Одни из них выполняют исключительно функцию питания, на других, которые, как вы помните, называются **спорофиллами**, расположены органы бесполого размножения — **спорангии** со **спорами**. У плауна-баранца оба типа листьев внешне неотличимы. Спорофиллы имеют зеленую окраску и принимают участие в питании растения. Единственный способ их обнаружить — это рассматривать каждый листок сверху в поисках спорангия с помощью лупы.

У других видов наших плаунов найти спорофиллы намного проще. Все они собраны на верхушке побега в особые колоски, сидящие на тонкой ножке. Эти колоски легко заметны, поскольку образующие их спорофиллы и размерами, и формой, а иногда даже окраской отличаются от обычных листьев. Например, у булавовидного плауна колоски желто-зеленого цвета.

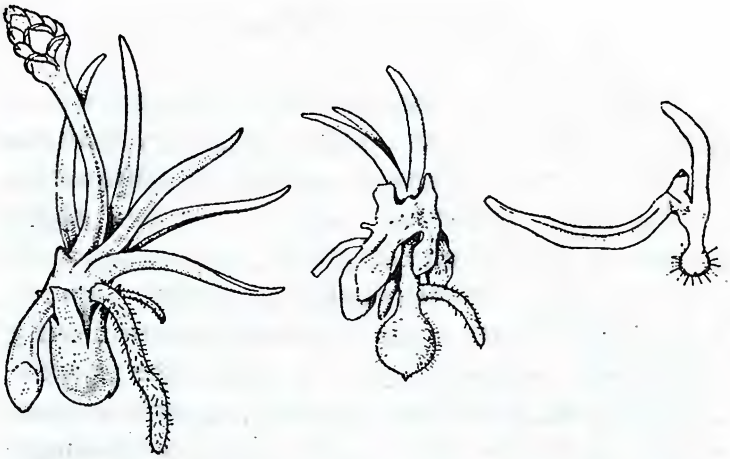
У многих плаунов стебли полегающие. Это значит, что более старые участки побегов лежат на земле, а молодые приподнимаются вертикально. Вначале растение плауна разрастается во все стороны и образует небольшую куртину. Полегающие более старые участки побегов постепенно отмирают, а новые молодые разрастаются в разные стороны от центра куртины. В результате такого однобокого роста от



Спороносный колосок плауна:
1 — спорофиллы; 2 — спорангии; 3 — споры

центра к периферии плауны разрастаются в «ведьмины кольца», напоминающие кольца грибов. Конечно, «ведьмино кольцо» — не всегда идеально ровный круг, оно может быть неправильной формы и прерываться. Скорость роста растения более или менее постоянна, поэтому, измерив диаметр кольца, можно вычислить его приблизительный возраст. Расчеты показывают, что у плауна сплюснутого некоторые кольца, достигающие диаметра более 40 м, имеют возраст 150–300 лет.

На юге Австралии, на Тасмании и в Новой Зеландии встречается очень интересный представитель плауновых — **филлоглоссум Драммонда**. Взрослое растение вырастает не длиннее 4–5 см от поверхности почвы и представляет собой компактный кустик из нескольких листочков. Обычно филлоглоссум размножается вегетативно с помощью листочков. Хрупкие листья часто отламываются от растения, на влажной почве у их основания образуются клубеньки, из которых вырастают новые филлоглоссумы. Филлоглоссум относится к группе **растений-пирофитов**, которые не только не боятся огня, но наоборот, нуждаются в пожарах. Многие растения-пирофиты не могут нормально развиваться и размножаться, если время от времени не возникают пожары. При отсутствии пожаров пышно разрастающиеся травы глушат и затеняют филлоглоссум. В таких условиях пирофитный плаун находится в угнетенном состоянии, облегчение ему приносит



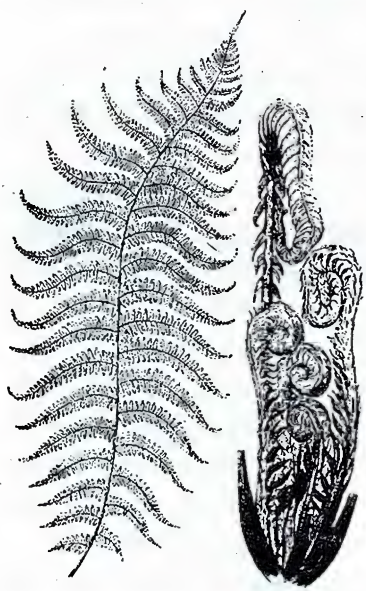
Филлоглоссум Драммонда

только выгорание травяного покрова и растительного опада. Если пожары не происходят в течение нескольких лет, филлоглоссум в этом месте исчезает. Так губительный для всего живого огонь является важнейшим условием выживания для филлоглоссума.

Справедливости ради надо сказать, что большинство плаунов в отличие от филлоглоссума — очень уязвимые создания и нуждаются в охране. Самые слабые места плаунов — длительно развивающийся **заросток** (иногда более 15 лет) и примитивные корни, умеющие расти только в мягкой почве. Если встретитесь с плауном в лесу (или с **селягинеллой** в цветочном магазине, она тоже относится к плауновидным), отнеситесь к ним с бережным почтением — в конце концов, они старше вас на 400 миллионов лет.

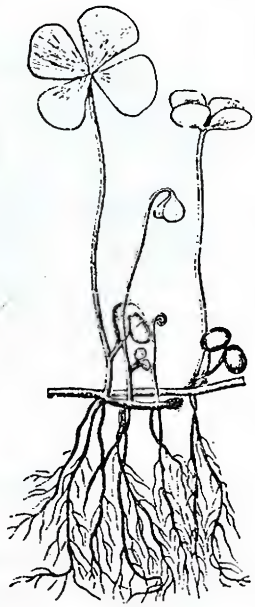
ПАПОРОТНИКИ

Папоротники невозможно перепутать с другими растениями. Прежде всего, в глаза бросаются их крупные листья — вспомните раскидистые зеленые «перья» лесных папоротников. Ну, а листья древовидных папоротников из рода **циатея** могут достигать в длину 5 метров. Таких листьев не встретишь ни у мхов, ни у плаунов, ни у хвощей. Листья у папоротников не совсем обычные: в начале своего развития они туго свернуты в так называемые «улитки», обладают способностью к длительному росту (иногда в течение нескольких лет) и совмещают сразу две функции — питания и спороношения (из этого правила есть несколько исключений). Чтобы подчеркнуть все эти особенности, ученые называют листья папоротников **вайями**. Название «вайя» происходит от греческого слова βαιου (байон), что означает «пальмовая ветвь». Вайи папоротников действительно чем-то напоминают по форме листья пальм.



«Улитки» папоротника

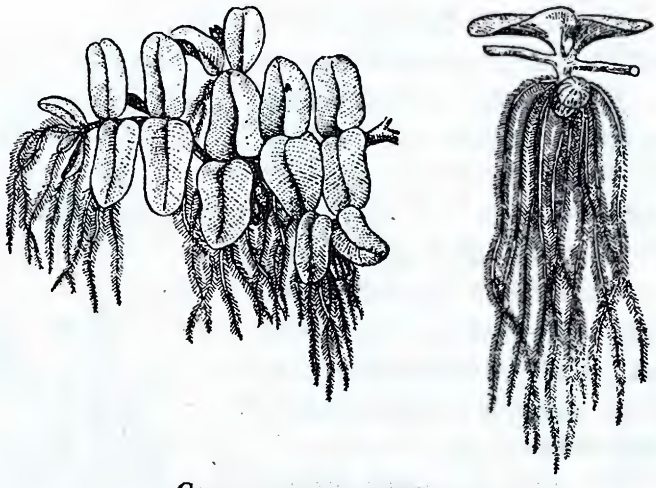
Из 12 000 видов современных папоротников около двух третей растет в тропиках, а остальные населяют умеренный пояс земного шара. Среди них можно встретить и настоящие водные растения, и наземные виды, растущие в пустынях, а некоторые папоротники освоили воздушную среду обитания.



Марсилия

Многие водные папоротники — обычные обитатели аквариумов. Среди них есть любители поплавать у поверхности воды (**сальвиния**) и растущие на дне **марсилия**, листья которой напоминают клевер, и **болбитис**. А водный папоротник **цератоптерис** может расти и на поверхности воды, и в грунте.

Плавающий у поверхности воды папоротник сальвиния обладает целым набором приспособлений для удержания на плаву. В его листьях находятся специальные воздушные камеры — поплавки, а снаружи листья покрывают волоски и сосочки, которые препятствуют смачиванию листьев. Если плавающие листья сальвинии погрузить в воду, волоски удерживают у поверхности листа пузырьки воздуха и листья блестят как серебряные. В диком виде



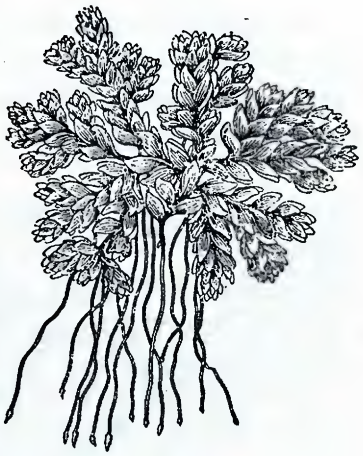
Сальвиния плавающая

в нашей стране можно встретить один из видов этого рода — **сальвинию плавающую.**

Водный папоротник болбитис с полным правом можно назвать живородящим растением. На его вайях из **выводковых почек** развиваются полностью сформированные молодые папоротнички с листьями и корнями. Живорождение очень удобно: «детки» вскоре перестают питаться за счет материнского растения, опадают и тут же начинают самостоятельную жизнь. Этот способ вегетативного размножения намного быстрее размножения спорами: пока спора разовьется в первонить, затем в заросток, пока произойдет процесс оплодотворения — из выводковых почек появится не одно поколение папоротников.

Болбитис причудливый — вид-амфибия: его можно выращивать и, полностью погрузив

в воду, и во влажной оранжерее или комнатной тепличке.

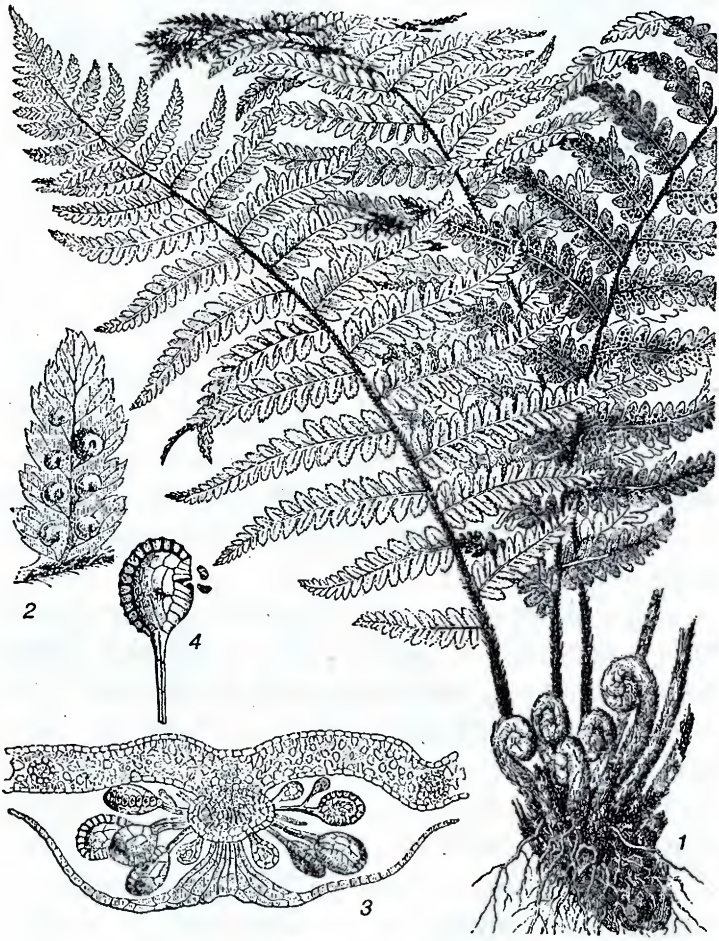


Азолла

Замечательной особенностью водного папоротника **азоллы** является симбиоз с азотфиксирующей **цианобактерией анабеной**. На нижней стороне плавающих на поверхности воды листьев азоллы располагаются особые полости. Независимо от того, в какой точке земного шара растет этот папоротник: в Америке, Азии, Африке или Австралии, в этих полостях всегда находят анабену и только одного конкретного вида, которую так и назвали анабена азоллы.

Как анабена азоллы попадает в эти полости — остается загадкой, но, очевидно, такое сожительство папоротника и бактерии взаимовыгодно: бактерия защищена от неблагоприятных воздействий среды, а азолла получает от цианобактерии дополнительное азотное питание. Бактерии-азотфиксаторы, поселяющиеся внутри папоротника, существенно облегчают жизнь крестьянам, возделывающим рис. Если на рисовых полях достаточно азоллы, вносить азотные удобрения не требуется.

В тенистых уголках леса можно встретить папоротник **щитовник мужской.** Вайи щитовника достигают длины 1 и даже 1,5 м, но развиваются очень медленно. Два года они не трога-



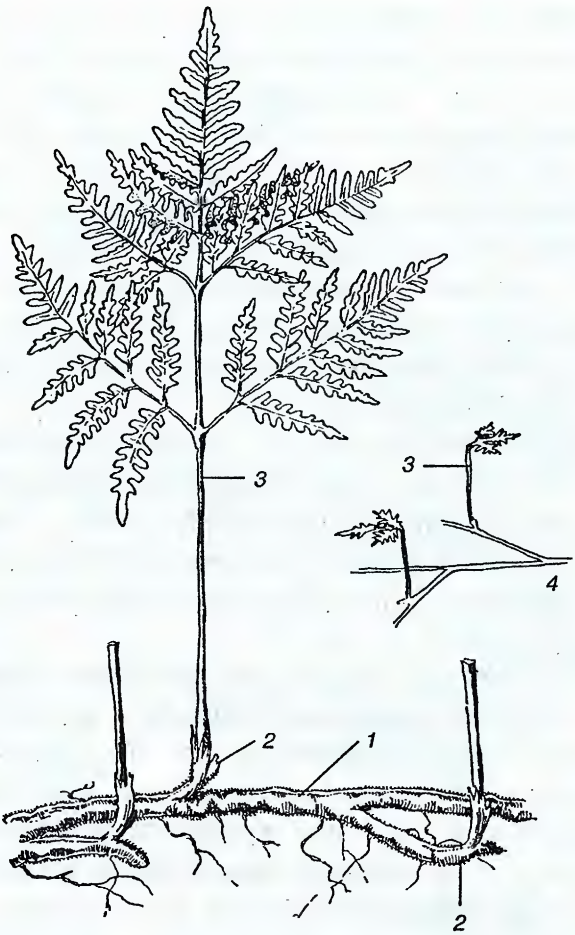
Щитовник мужской

1 — общий вид растения; 2 — пёрышко вайи; 3 — сорус (собрание спорангиев); 4 — спорангий

ются в рост, свернутые в виде улитки. Сверху улитки покрывает густой покров из бурых чешуй, который защищает растущую верхушку листа от повреждений и высыхания. Только весной третьего года молодые листья разворачиваются и достигают полного развития. На их нижней стороне расположены **спорангии** со спорами, заметные на зрелой вайе в виде коричневых точек. Осенью листья увядают, но к этому моменту щитовник уже успевает рассеять **споры**.

Щитовник мужской можно встретить не только в наших лесах. Этот вид освоил обширные территории от Гренландии до Мексики, от Скандинавии и Кольского полуострова до Средиземноморья, лесов Кавказа, Средней Азии и юга Сибири.

Папоротник **орляк** распространен еще более широко, на всех материках и многих островах, этот вид-космополит не проникает только в приполярные области и пустыни. В отличие от щитовника мужского, предпочитающего тень и сырость, орляк часто встречается в сухих солнечных борах, на песчаных почвах, словно совсем не боится сухости. Вайи орляка довольно жесткие и плотные с толстой кожицей (толстой, конечно, по папоротниковым понятиям, по сравнению с какими-нибудь агавами даже у орляка кожица очень нежная), сверху покрыты плотным (опять же, с точки зрения папоротника) слоем кутикулы — все эти особенности строения листа позволяют



Орляк

1 — длинное безлистное корневище; 2 —короткие боковые корневища, на которых развиваются вайи (3); 4 — общий план строения

орляку переносить сухость воздуха и недостаточную влажность почвы, губительную для других папоротников. В благоприятных условиях влажных тропиков вайи орляка способ-

ны расти несколько лет, как побеги, давая приросты каждый год.

В почве в разные стороны разрастается длинное ветвящееся корневище. С его помощью орляк быстро захватывает новые территории, особенно нарушенные местообитания: пожарища, вырубки, заброшенные поля, плантации и пастбища. Орляк — один из немногих видов диких растений, для которых деятельность человека может быть полезной, ведь именно благодаря человеку этот папоротник получает в свое распоряжение новые территории.

ПАПОРОТНИКИ В ВОЗДУХЕ

Папоротники-эпифиты вообще не связаны с почвой — вся их жизнь проходит в кронах тропических деревьев. **Эпифит** означает «растущий на поверхности другого растения». **Асплениум (костенец) гнездовой**, или папоротник птичье гнездо, широко распространен в тропиках Старого Света. Птичьим гнездом этот папоротник назвали за своеобразный внешний вид: его плотные кожистые листья длиной до 2 и шириной до 20–60 см растут в виде кулька или плотной корзинки. В эту корзинку сверху падают и накапливаются опадающие листья деревьев, кусочки коры, пыль. Вся эта масса растительных останков во влажной и теплой атмосфере дождевого леса быстро перегнивает, образуя гумус. Интересно, что

Аспленциум гнездовой

корни птичьего гнезда растут не вниз, как у всех нормальных растений, а вверх, проникая в корзинку с перегноем. Пронизанные корнями органические остатки прочно удерживаются между основаниями листьев. Таким способом растение накапливает достаточно гумуса, чтобы в нем поселялись дождевые черви, многоножки и другие жители почвы. Снизу видны в основном уже старые, отмершие листья, плотная масса которых действительно напоминает гнездо какой-то гигантской птицы.

Поселившись на дереве, папоротник живет там до тех пор, пока под его тяжестью не обломится ветка или пока не погибнет само дерево. Неудивительно, ведь «гнездо» папоротника из рода костенец может достигать полутора-двух метров в диаметре, а масса папоротника **оленьего рога** (вместе с «корзинкой») может достичь 100 кг. Не каждое дерево-хозяин выдержит такую нагрузку. Однако растения-эпифиты, хотя они и могут стать причиной гибели дерева, ни в коем случае нельзя назвать паразитами, ведь питаются они самостоятельно, а дерево используют только как опору. Большинство эпифитов — светолюбивые растения, они стремятся снять жилплощадь поближе к верхушке дерева. Если по какой-то причине эпифит оказался на земле, скорее всего, его ждет гибель.

Еще большую известность получил папоротник, носящий звучное название **платицериум лосерогий**, или олений рог. Его крупные зеленые листья по форме действительно похожи на рога лося. Нижнюю сторону этих роговидных листьев покрывает сероватый налет спорангиев. Как и у большинства папоротников, его вайи совмещают две функции: светового питания и спороношения.

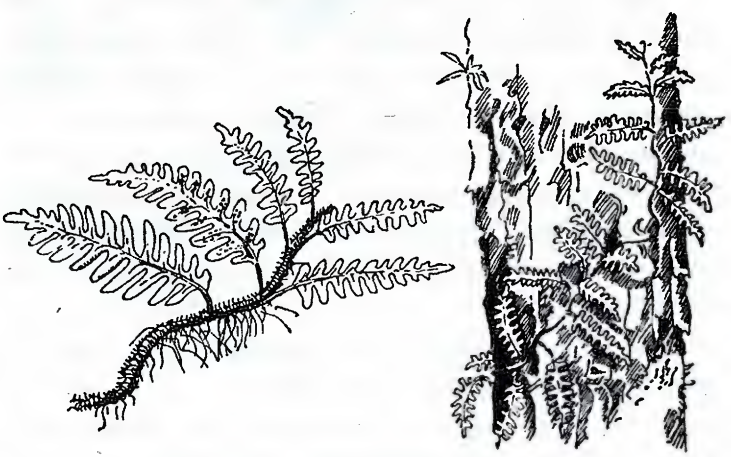
Но помимо обычных зеленых листьев у оленьего рода есть и листья другого рода. Это коричневые плотные листья округлой формы, на которых никогда не образуется спор. Для чего же они нужны? Оказывается, они

Олений рог

окружают корни папоротника, образуя «горшок», в котором создаются для них благоприятные условия повышенной влажности. В этот «горшок» падают и смываются растительные остатки, перегнивают и превращаются в почву. Так папоротники-эпифиты делают себе и горшки, и землю в горшках.

Конечно, отнюдь не все растения-эпифиты достигают таких значительных размеров. Среди эпифитных папоротников большинство видов едва достигают высоты в 20–25 см. В дождевых лесах эти папоротники вместе с плауновидными растениями из рода селягинелла и разнообразными мхами иногда сплошь покрывают стволы и ветви деревьев, свешиваясь с них длинными гирляндами. При этом каждое растение в отдельности весит очень немного, но все вместе они оказывают на дерево колоссальную нагрузку до нескольких сотен килограммов. Многие деревья тропических лесов ежегодно сбрасывают верхний слой коры, избавляясь от нелегкого груза многочисленных квартирантов.

Папоротники-эпифиты встречаются не только в экваториальных и тропических районах земного шара. Знакомьтесь — **многоножка обыкновенная.** Распространена по всей территории Европейской России от Крымских и Кавказских гор до Кольского полуострова. Обычные места, где можно встретить многоножку, — каменистые склоны и упавшие стволы деревьев, покрытые мхом. В более южных районах она любит поселяться на стволах каштана и граба, там, где побольше мха. Во влажном мху многоножка прячет свои корневища, которые так сильно ветвятся, что напоминают многочисленные ножки одноименного животного. Многоножка встречается только в местах, где моховой покров развит достаточно хорошо, но, несмотря на влаголюбивость, вполне может переносить засушливые периоды. Если дожди не выпадают



Многоножка обыкновенная

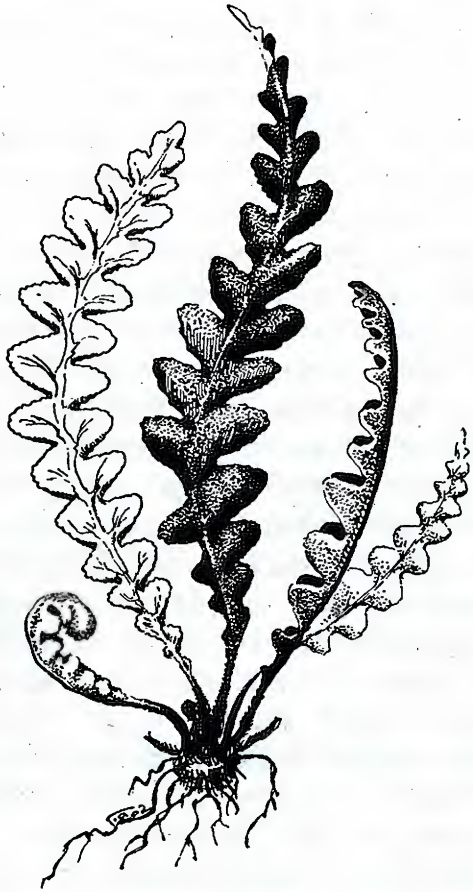
слишком долго, и мох подсыхает, многоножка сбрасывает листву и впадает в анабиоз. Жизнеспособным остается спрятанное во мху корневище, которое с наступлением благоприятных условий снова выпускает листья.

И СНОВА О ВОДЕ...

Для того чтобы произошел процесс оплодотворения, всем папоротникам необходима вода. Но это не значит, что они могут расти только во влажных условиях. Уже знакомый нам **орляк** легко переносит сухость воздуха и почвы, размножаясь в основном вегетативно, благодаря своему мощному корневищу. **Вайи** других «сухолюбивых» папоротников покрывают чешуи и волоски, которые уменьшают испарение воды с их поверхности.

Папоротники рода **скребница** распространены в горных районах Европы, Азии, Африки, Мадагаскара. Листья **скребницы лекарственной** снизу почти сплошь покрыты чешуями. В периоды длительной засухи листья сворачиваются краями вверх, подставляя солнцу сухие чешуи. Это приспособление позволяет растению эффективно экономить воду в сухой сезон.

Вайи орляка и скребницы имеют специальные приспособления к перенесению засухи и могут сохранять жизнеспособность даже при неблагоприятных условиях. А вот папоротник



Скребница лекарственная

хейлантес обходится без всяких хитроумных приспособлений против потери воды. Его вайи при длительной засухе преспокойно высыхают и сморщиваются, но при первом же дожде впитывают воду в количестве, в несколько раз превышающем их сухую массу, и оживают снова. Такой же стратегии избегания неблагоприятных

условий, если помните, придерживаются и лишайники. Вся жизнь таких организмов состоит из коротких периодов активности при благоприятных условиях и долгого ожидания, во время которого жизнь растения словно замирает.

И всё же, по сравнению с мхами папоротники гораздо менее зависимы от воды. Добывать влагу им помогают длинные корни, а для ее запасания служат толстые подземные корневища. Слой кутикулы на листьях папоротников гораздо толще, чем у мхов, и устьица реагируют на изменение влажности быстрее. Но, несмотря на все эти преимущества, большинство папоротников с трудом переносят сухость воздуха и почвы. Попав в неблагоприятные условия, одни используют «стратегию страуса», прячущего голову в песок, другими словами, стратегию избегания, когда растение просто прекращает активное существование и впадает в анабиоз. Такой путь избрал папоротник хейлантес. Другие встречают опасность иссушения «лицом к лицу», то есть пытаются приспособиться к изменившимся условиям, не останавливая процессов питания, роста и развития.

Один из папоротников, растущих у меня дома (уже известный вам **асплениум**) оказался приверженцем как раз такой активной жизненной позиции.

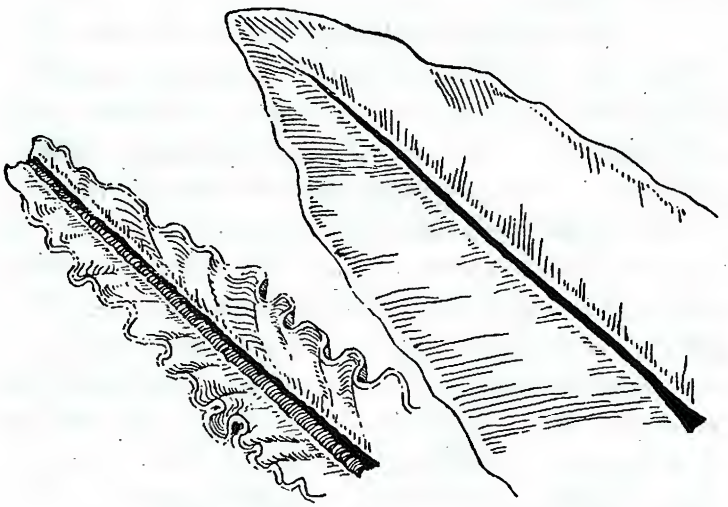
До того как я приобрела его, папоротник рос в оранжерее, в условиях высокой влажности, поэтому переезд в сухую комнату был для

него явным стрессом. Хотя я поставила новый папоротник подальше от прямых солнечных лучей, старалась как можно чаще опрыскивать его и, конечно, не допускала пересыхания земли в горшке, те вайи, которые находились в процессе развертывания (на стадии «улиток») во время покупки, развернулись лишь частично — их кончики все-таки засохли, почернели и вместо красивых длинных и широких остроконечных листьев получились уродливые коротышки.

Затем асплениум перестал расти, замер, словно выжидая или недоумевая, за что его так мучают. К сожалению, в маленький террариум, где я держала папоротники, он не помещался, поэтому выхода у него не было: или приспосабливаться к тем условиям, в которые попал, или...

Асплениум «решил» приспособиться. Как известно, структура и форма листа закладываются еще в почке, и в процессе развертывания менять их уже поздно. В то же время, у папоротников вайи развиваются очень долго, поэтому те листья, которым предстояло расти в сухой комнате, закладывались еще в оранжерее и «готовились» к влажному воздуху. Видимо, из-за этого первые «улитки», расположенные после тех, что успели начать разворачиваться в оранжерее, у меня просто погибли или от них остались короткие, до 5 см длиной, обрубочки — всё, что было выше, засохло еще в почке.

Я уже начала жалеть, что напрасно загублю растение, не имея возможности обеспечить ему приемлемые условия существования, и тут асплениум стал выдавать одну за другой довольно крупные вайи. У первых кончики все-таки еще подсыхали, но затем папоротник сумел приспособиться настолько, что вайи вырастали абсолютно здоровые и неповрежденные. Но какие это были вайи! В два, а то и в три раза уже, чем «оранжерейные», и главное, что бросалось в глаза, — с гораздо более волнистым, прямо-таки гофрированным краем. Вспомните, у растений из засушливых местообитаний листья, как правило, более узкие или вовсе рассеченные на узкие дольки, а у растений влажных мест листья крупные и широкие (посмотрите на рисунок). Чем уже лист,



Листья аспления в сухих и влажных условиях

Растения сухого и влажного климата

1 — финиковая пальма — сильно рассеченные листья приспособлены к экономии воды; 2 — монстера — широкие листья сразу «выдают» жителя влажных лесов

тем меньше площадь испарения и тем больше влаги удается сэкономить растению, но с другой стороны, чем меньше площадь листа, тем хуже растение питается. Возможно, мой асплениум обзавелся гофрированными краями как раз для того, чтобы немного компенсировать сильное уменьшение фотосинтезирующей поверхности листьев.

Когда я переехала в новую квартиру, где воздух был еще суше, история повторилась: долгий период покоя, когда никаких новых листьев не развертывалось, при этом у старых стали подсыхать кончики, затем несколько

«улиток» попытались развернуться, но засохли, словно «поняв», что их заранее заложенная структура не соответствует реальности, а затем папоротник стал выдавать еще более узкие, до 1 см шириной листья, которые, судя по всему, соответствовали новому микроклимату.

Наконец я приобрела большой террариум, в который асплениум с трудом, но помещался, и после полутора лет выживания в сухом воздухе он оказался в родной оранжерее, где благодаря опрыскиванию и налитой в поддон воде влажность всё время держится на уровне почти 100%. Как же он обрадовался! Не прошло и месяца, как новые вайи стали снова широкими, менее волнистыми, а уж скорость, с какой они появляются, просто поразительны. Но удивительно, конечно, не то, что в хороших условиях папоротник и растет хорошо, а то, что не «умея» развивать толстую кутикулу для экономии воды, папоротник сумел приспособиться другим путем — изменив ширину листьев.

РАСТЕНИЯ С СЕМЕНЕМ

ВЫЖИТЬ ИЛИ ЖИТЬ?

Трудно представить себе все многообразие **семенных растений**. Это и хвойные вечнозеленые деревья, в том числе самые высокие растения планеты, и миниатюрные ряски; это и подводные жители, и обитатели безводных пустынь; это поразительные краски цветков и причудливые формы плодов, и растения, вообще лишенные цветков и плодов. Но какими бы разнообразными и непохожими друг на друга ни были эти растения, всех их объединяет один общий признак — наличие **семени**.

С момента выхода растений на сушу и до появления у них семени прошло около 60 млн. лет. Первыми растениями с семенами были вымершие **семенные папоротники**. Около 250 млн. лет назад они исчезли с лица земли, но не бесследно — их многочисленные потомки: **голосеменные** и **покрытосеменные** с тех пор занимают господствующее положение на суше, сильно потеснив споровые растения.

Появление семени открыло перед растениями доселе неведомые возможности. Получив в распоряжение семя, растения смогли заселить любые, даже самые негостеприимные местообитания: сухие каменистые склоны, раскаленные пески пустынь, засоленные почвы. И всё это благодаря тому, что появление семени сделало процесс размножения полностью независимым от наличия воды. Вспомните, как происходит размножение у **споровых растений**:

взрослое споровое растение появляется только после оплодотворения **яйцеклетки сперматозоидом**, который должен доплыть до нее по воде. Оплодотворение у семенных растений происходит «посуху», вода для этого им совершенно не нужна.

Семенной папоротник

1 — общий вид; 2 — семязачаток, расположенный прямо на листе

Однако не только семя — причина грандиозного успеха семенных, ведь и среди споровых растений много таких, что встречаются и в пустынях, и на голых каменистых осыпях и скалах, где с водой туго.

Действительно, обитатели засушливых территорий есть среди представителей, пожалуй, всех систематических групп растительного царства. Встречаются водоросли, мхи, лишайники, папоротникообразные, способные выживать в условиях периодической нехватки воды и высоких температур. Но выживать и жить — не одно и то же. И лишайники, и мхи, и папоротникообразные переносят высокие температуры и отсутствие влаги пассивно: с наступлением засухи впадают в состояние анабиоза и замирают в таком практически безжизненном состоянии на большую часть года, а иногда и нескольких лет, пока не выпадут дожди.

А вот семенные растения способны активно противоборствовать засухе, долго оставаясь в активном состоянии. В экстремальных условиях при практически полном отсутствии воды семенные растения пустынь способны не только расти, но даже размножаться! Например, древнее голосеменное растение **вельвичия удивительная** растет и производит семена в безводной пустыне Намиб, где годами может не выпадать ни капли дождя, а вся влага, которая доступна растению, — это капли утренней росы и туманов.

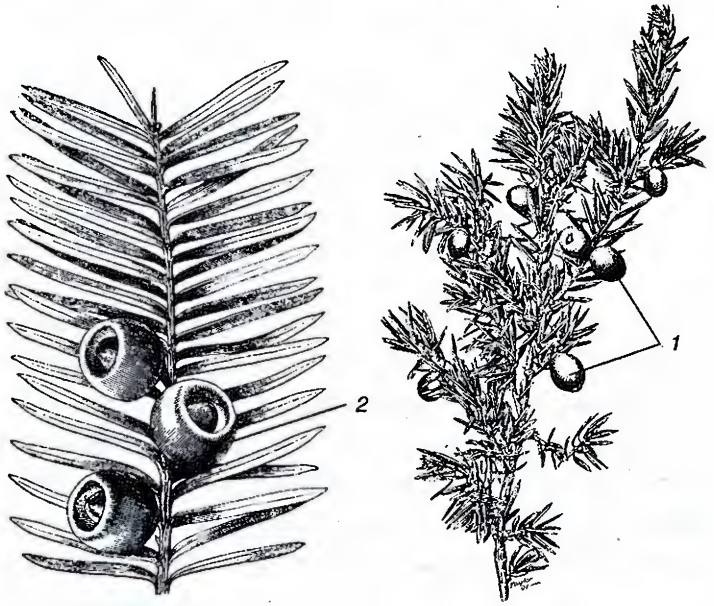
ХВОЙНЫЕ: ОБЫКНОВЕННЫЕ...

Выделяют два крупных отдела семенных растений: **покрытосеменные** и **голосеменные**. Для покрытосеменных растений характерно наличие цветов и плодов. Их семена защищены стенками плода, который развивается из завязи цветка.

У голосеменных растений цветков и, следовательно, плодов нет. Их семена, как это следует из названия, не защищены специальными оболочками и лежат открыто.

Название «голосеменные» сразу будит в нашем воображении образ **хвойных** деревьев: ели, сосны или лиственницы. Но вы сильно ошибетесь, если решите, что непременными атрибутами голосеменного растения служат игловидные листья-хвоинки и шишки. Листья некоторых **саговников** могут достигать 5–6 метров в длину и больше всего напоминают листья пальм, а листья **вельвичии удивительной** могут достигать 8,8 метра в длину — это самые длинные листья в мире.

Семена **можжевельников** и **тисов** находятся не в шишке, а в сочной и ярко окрашенной оболочке, по внешнему виду больше всего напоминающей ягоду. Видовое название тиса — ягодный — прямо об этом говорит. «Ягоды» этого дерева ярко-красного цвета и смотрятся очень нарядно, а у можжевельников «ягоды» сине-голубые или сине-черные с сизоватым восковым налетом.



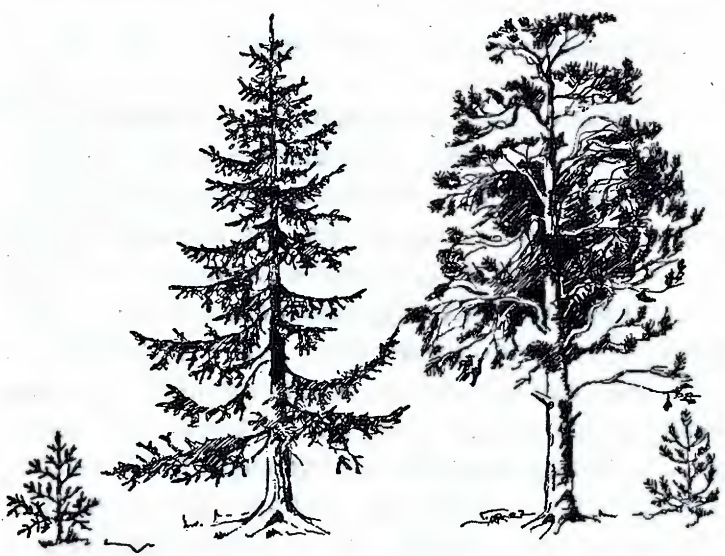
Шишкоягоды можжевельника (1) и тиса (2)

Конечно, называть ягодами семена можжевельника и тиса совершенно неправильно, поскольку ягода — это плод, развивающийся, как и все плоды, из цветка, а у голосеменных растений никаких цветков и плодов нет и быть не может, это было бы равносильно встрече с цветущим папоротником. Для обозначения сочных шишек ученые предложили термины **«шишкоягода»** и «сочная шишка». Шишкоягоды **можжевельника обыкновенного** созревают два года. В первый год они выглядят как твердые буроватые шишечки, а на второй год чешуйки шишек становятся сочными, и шишка приобретает «ягодный» вид. В зависимости

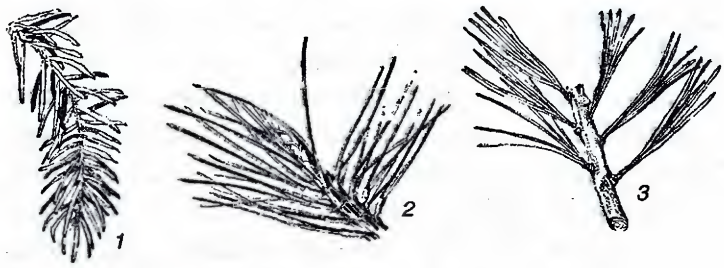
от вида в шишкоягодах можжевельника находится от 1 до 12 семян.

Кроме можжевельника и тиса к классу хвойных относятся и многие другие деревья и кустарники наших лесов: ель, сосна, лиственница, кедровый стланик.

Ель представлять вам, думаю, особенно не нужно — с новогодним деревом знакомы все. Иногда, правда, ель путают с молодой **сосной**. Взрослую сосну отличить от ели очень легко: прямые красноватые стволы, лишенные сучьев и веток, поднимаются вверх до 10–15 метров, вся крона дерева сосредоточена на верхушке. Исключение составляют только сосны, выросшие на открытом месте — у них крона,



Сосна и ель, выросшие на открытом месте; молодая ель и молодая сосна



Расположение хвои на побегах ели (1), сосны обыкновенной (2) и сибирской (3)

подобно ели, начинается низко, но всё равно не от самой земли. Хвоинки ели сидят на ветках по одной, а у сосны парами.

Парное расположение хвоинок **сосны обыкновенной** — это ее видовой признак. К примеру, у **сибирской кедровой сосны** (ее обычно неправильно называют кедром) хвоинки собраны вместе по 5 штук. По расположению хвоинок на ветке легко отличить даже молодую сосну, которая кажется похожей на елку.

У молодой сосны ветви начинают расти от самой земли, но чем старше становится дерево, тем больше оголяется его ствол, нижние ветви постепенно отмирают, и вся крона смещается к верхушке. Чем гуще лес, в котором растет сосна, тем быстрее отмирают нижние ветви, тем быстрее дерево вытягивается в высоту поближе к свету. Такие высокие и прямые сосны раньше назывались «мачтовыми» (именно мачты из них и делали), а леса из них — мачтовыми, или корабельными, рощами. Сосна, выросшая на открытом месте, невысока,

раскидиста и кряжиста, а ее ствол более толстый кривой и сучковатый.

А вот ель чаще сохраняет правильную пирамидальную форму, зеленые лапы обычно свисают до самой земли; нижняя часть ее ствола оголяется только в густом ельнике, но и там крона расположена гораздо ниже по стволу, чем у сосны. Наверное, вы уже догадались, что дело здесь в разной степени светолюбия этих деревьев. Сосне требуется много света, поэтому ее нижние ветви засыхают и отмирают не только в условиях затенения, но они с самого начала «запрограммированы» отмереть через 10–20 лет. Ель гораздо более теневынослива, и нижняя часть ее кроны на открытом месте и в светлом лесу сохраняется жизнеспособной до глубокой старости — иногда можно увидеть старые ели, у которых верхушка и средняя часть ствола уже отмерли, а внизу еще доживает последние годы «юбка» зеленых ветвей.

Если по отношению к свету сосна более требовательна, чем ель, то во всем остальном она крайне неприхотлива. Сосна может расти на почвах столь бедных питательными веществами, что их и почвами-то трудно назвать: на скалах, на песке, на моховых болотах. Так же нетребовательна сосна к влажности почвы: высокие сосновые боры растут на песчаных дюнах, где земля покрыта только белым ковром сухих лишайников **кладоний** (ягеля).

С другой стороны, сосна — единственное наше хвойное дерево, которое может расти на

сфагновых болотах. В болотной почве содержится слишком мало кислорода (газы вытесняет стоячая болотная вода), и корни большинства деревьев и кустарников просто задыхаются. Сосна же растет и на болоте, правда, чувствует она себя там неважно. Ее ствол не вырастает больше 5–10 метров в высоту, хвоинки короткие, желтоватые, да и шишек образуется мало. Болотные сосны так непохожи на «нормальные», что их даже описывали как отдельный вид. Ошибочность этого утверждения легко доказать. Если семена «болотной» сосны посеять в благоприятных условиях, то выросшие из этих семян деревья ничем не будут отличаться от привычных нам сосен.

Ель представляет собой полную противоположность сосне. Она растет только на богатых хорошо увлажненных почвах и при этом совершенно не переносит застоя воды — корни тут же задыхаются.

Внимательно присмотревшись к нестарой ели или сосне, можно достаточно точно определить возраст дерева. Ветки у хвойных растений растут как будто ярусами, каждый такой ярус называется мутовкой. В течение одного года на дереве отрастает одна мутовка, так что посчитав их число, можно определить, сколько лет прошло с момента образования первой мутовки. На старых участках ствола веточные следы затягиваются корой и перестают быть заметными.

Все наши хвойные растения, кроме лиственницы, сохраняют листву круглый год. Чтобы

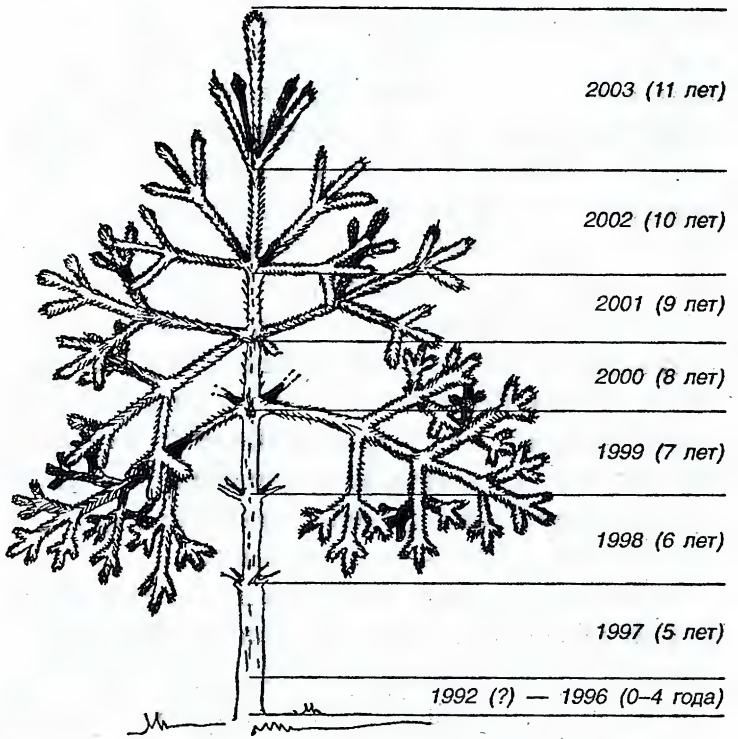


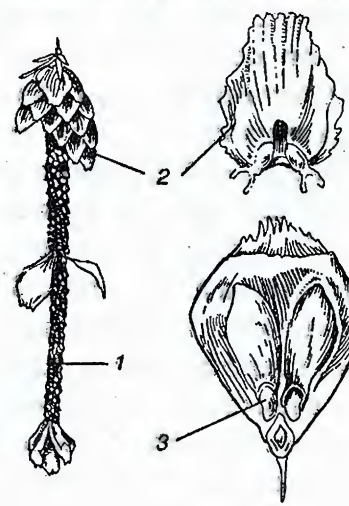
Схема определения примерного возраста ели по мутовкам

пережить зиму, нужно свести к минимуму испарение воды, иначе растению грозит гибель от иссушения. Даже если вода в почве не замерзает, она становится такой холодной, что корни не могут ее впитывать. Такое явление получило название физической засухи — от обычной засухи она отличается тем, что вода в почве есть, но получить ее растение не может. Именно физическая засуха, а не морозы, «заставляет» большинство растений сбрасывать

на зиму листья. А как же «выкручиваются» вечнозеленые хвойные?

По сравнению с площадью обычных листьев площадь поверхности хвоинок невелика, но и листья-иголочки тоже испаряют воду, поэтому на зиму хвоинки покрываются водонепроницаемым слоем воска (особенно он заметен у голубой ели — поскребите ее хвоинки при случае), а все устьица наглухо закрываются, да к тому же они еще утоплены в глубь листа — вода не испаряется.

Весной у ели и у сосны на побегах появляются мелкие шишечки двух типов: в мужских созревает пыльца, а в женских — семязачатки, из которых после опыления развиваются семена. Особенно хорошо заметны женские шишечки на побегах **ели европейской.** Они больше желтых мужских, имеют темно-красную окраску и сидят на верхушках боковых веточек. Шишка представляет собой стерженек, на котором сидят чешуйки-**спорофиллы.** Если отогнуть одну такую



На стержне (1) шишки сидят одревеснеющие чешуйки (2), на них открыто лежат 2 семязачатка, которые после оплодотворения превратятся в семена (3)

чешуйку на женской шишечке, то с ее внутренней стороны можно увидеть два бугорка-семязачатка. Это будущие семена.

Пыльцевое зерно сосны

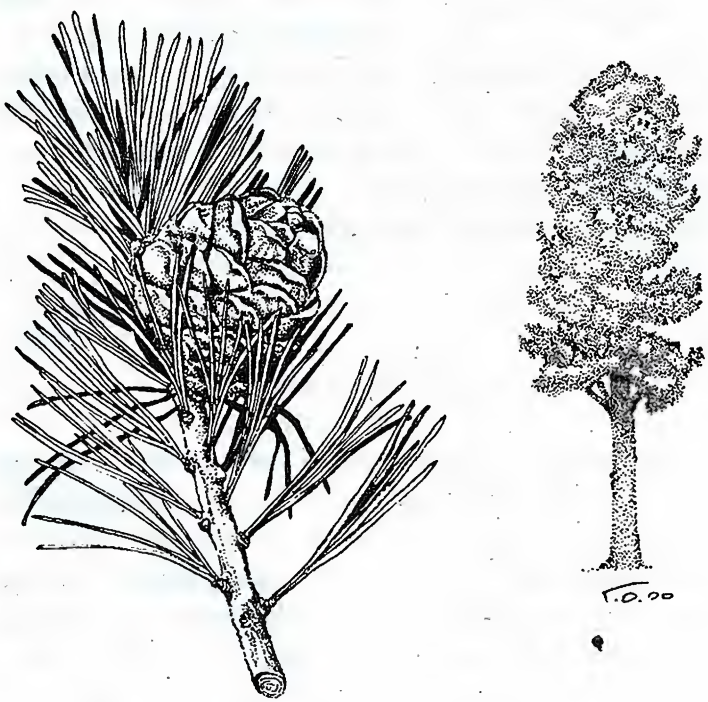
В сухую погоду созревшие мужские шишки раскрываются и из них высыпается желтое облачко пыльцы. Пыльцы высыпается так много, что иногда земля под деревом бывает густо присыпана желтой пылью. Пыльцу может подхватить ветер и отнести за многие километры от родительского дерева. Так пыльца от одного дерева может опылить другое. На далекие расстояния пыльцевые зерна сосны могут переноситься благодаря своему ничтожному весу и специальным «воздухоплавательным» приспособлениям: по бокам каждой пылинки есть два объемистых мешочка, наполненных воздухом.

У сосны обыкновенной семена созревают только на второй год. За это время шишки разрастаются и одревеснеют. Начиная с февраля, шишки постепенно раскрываются, и семена высыпаются на снежный наст. Весной семена как по катку скользят по скользкому насту с помощью ветра и талой воды подальше от родительского дерева.

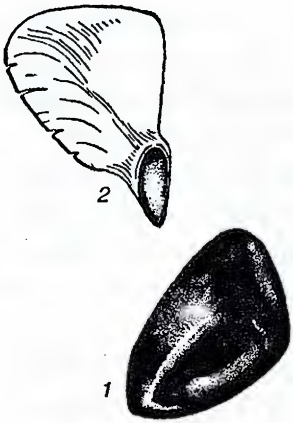
У ели европейской семена созревают гораздо быстрее, в год опыления. И у ели, и у сосны семена снабжены прозрачным крылышком, благодаря которому скорость падения семечка сильно замедляется и его может подхватить ветер.

У кедровой сосны семена тяжелые, без крылышка и к полетам совершенно не приспособлены. Но это им и не нужно. У этой сосны свои агенты-распространители: кедровка — таежная родственница наших сорок и ворон, бурундук, белка, мыши. Птицы и звери растаскивают вкусные и питательные кедровые орешки, и часть из них обязательно теряется и прорастает где-нибудь в новом месте.

За кедровой сосной издревле закрепилось народное название — кедр. Наверное, это произошло потому, что со времен царя Соломона



Сибирская кедровая сосна



Семена кедровой сосны (1) и кедра (2)

настоящие кедры славились своей ценнейшей древесиной, благовонной смолой и ароматным маслом, и, когда русские первопроходцы проникли в Сибирь, они дали знаменитое название дереву, которое, по их мнению, ничуть не уступало заморскому кедру ни красотой, ни ценными качествами. Действительно, помимо прочной ароматной древесины сибирский «кедр» дает знаменитые семена — «кедровые орешки». Семена кедровой сосны содержат до 65% вкусного золотистого масла, 20% белков и 12% крахмала. Недаром сибиряки называют это дерево своим кормильцем.

...И НЕ ОЧЕНЬ

Настоящих кедров насчитывается 4 вида. Из них три встречаются в Средиземноморье: в Северной Африке — **кедр атласский**, в горах Турции, Ливана и Сирии — **кедр ливанский**, в горах острова Кипр — **кедр кипрский**. Четвертый вид — **кедр гималайский** обитает в Гималаях, а также в горах Афганистана, Пакистана и Северной Индии. До начала нашей эры

кедры росли не только в горах, кедровые леса покрывали всё Средиземноморье и значительную часть Азии. Но люди так интенсивно использовали красивую прочную и стойкую к гниению древесину кедров, что практически уничтожили эти деревья. Поэтому сейчас кедры растут только в труднодоступных горных районах, а их некогда огромный ареал сократился до нескольких точек на карте мира.

Кедр отличается от кедровой сосны многими внешними признаками. Во-первых, хвоинки кедра сидят одиночно по спирали или собраны в пучки по 30–40 штук (у кедровой сосны, как вы помните, хвоинки собраны по пять). Во-вторых, семена кедров мелкие и несъедобные и к тому же снабжены летательным крылышком, как у сосны. Все виды кедров гораздо теплолюбивее кедровой сосны. Они могут переносить кратковременные морозы до −25...−30°С, но не мирятся с долгими холодами, в то время как кедровая сосна легко переносит долгие морозные сибирские зимы, когда температура может опускаться ниже −40°С. Выходит, кедр и кедровая сосна — это совершенно разные деревья, похожие только названиями.

В Сибири и на Дальнем Востоке в лесах и на безлесных горных возвышенностях растет **кедровый стланик**. Этот хвойный кустарник тоже относится к роду сосен и является ближайшим родственником кедровой сосны, но раз в десять ниже своего старшего брата. Семена

Кедровый стланик

кедрового стланика очень похожи на знаменитые кедровые орешки. Ими питаются и запасают впрок те же кедровки и бурундуки. Животные нередко забывают о своих кладовках, и в таких местах проростки кедрового стланика появляются целыми пучками.

Защищенный от сильного ветра речными берегами, склонами холмов и лесными деревьями кедровый стланик вырастает в чашевидный куст высотой 4–5 метров, состоящий из нескольких стволиков, только слегка полегающих у основания. Здесь кустарник может образовывать сплошные труднопроходимые заросли.

Совсем иначе выглядит кедровый стланик высоко в горах и в тундре, где деревья не могут расти из-за недостаточной толщины почвы, жестоких зимних морозов и сильнейших ветров, от которых не спрячешься под тонким слоем снега. Стволики кустарника распласты-

ваются по земле, словно вжимаясь в нее. Такие лежачие стволы могут вырастать до 10 и даже 15 м в длину. У основания они постепенно отмирают, а верхушка постоянно нарастает в длину. Таким образом, стланик медленно перемещается, переползает с одного места на другое. Обычно такое перемещение происходит по направлению господствующих ветров. В результате укореняющиеся ветви стланика могут оказаться в более благоприятных условиях, «уйти» от ветра.

Как видите, форма роста кедрового стланика зависит от условий среды: в очень плохих условиях роста стволы кустарника лежат на почве по всей длине, в лучших условиях роста верхняя часть стволика приподнимается и растет вертикально. В тайге, где глубокий снег защищает стланик от действия морозов и ветров, он выглядит как нормальный кустарник.

Стланик обладает одной замечательной особенностью: его ветви способны при наступлении морозов полегать, плотно прижимаясь к земле. Пригнувшиеся кусты засыпаются выпадающим снегом. Получается, что даже неглубокий снежный покров совершенно скрывает стланик там, где летом поднимаются труднопроходимые заросли высотой в 4–5 метров. Весной в зарослях кедрового стланика то и дело слышны резкие хлопки. Это резко распрямляются, разбрасывая снег, его перезимовавшие ветки. Предполагается, что движения ветвей стланика связаны с неравномерным

расширением воды, содержащейся в древесине с верхней и нижней стороны ветки.

Представители класса хвойных распространены по всему миру: **ели, сосны, лиственницы** образуют таежные леса Евразии и Северной Америки, в Средиземноморье хвойные представлены **туями, кипарисами** и южными видами сосен, высоко в горы взбираются **можжевельники** и **кедровый стланик**. Самые высокие деревья планеты — **секвойядендроны** и **секвойи** встречаются в горах Калифорнии; **кедры** — обладатели драгоценной древесины — сохранились только на севере Африки в Атласских горах, на Кипре и в Гималаях; леса из **араукарий** широко распространены в южном полушарии: в Южной Америке, Австралии, Новой Зеландии и на островах Океании.

УДИВИТЕЛЬНАЯ ВЕЛЬВИЧИЯ

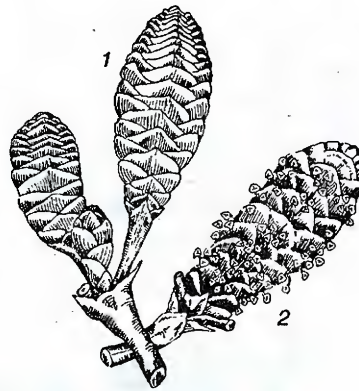
По внешнему виду **вельвичию удивительную** ни за что не отнести к голосеменным растениям, да и, признаться, ни к каким другим тоже — нет такого растения, на которое она была бы похожа. Одно слово — удивительная. Растет вельвичия только на юге Африки в безводной и знойной пустыне Намиб, где дожди могут не выпадать годами. Немногочисленные намибские растения приспособились добывать влагу, улавливая капельки росы и туманов с помощью большого числа устьиц. Несмотря на

Распространение некоторых родов голосеменных

Вельвичия удивительная

то, что в высоту вельвичия редко достигает полуметровой высоты, формально ее следует считать деревом. Точнее, это дерево-карлик. Большая часть толстого, похожего на пенек ствола скрыта в почве, а над поверхностью во все стороны как щупальца простираются толстые кожистые длинные листья. Кажется, что листьев много, но на самом деле их всего два. Листья вельвичии — одно из самых удивительных творений природы! Они растут в течение всей жизни растения, а жизнь эта не коротка: отдельные экземпляры достигают почтенного возраста в 2000 лет. И всё это время листья вельвичии остаются живыми и растут, правда сильные ветры за долгие годы разрывают листья на длинные ленты, поэтому кажется, что листьев у нее много. Только представьте себе — лист, которому две тысячи лет! Казалось бы, за такой долгий срок листья должны стать какой-то невероятной длины, но этого не происходит, потому что верхняя, самая старая часть листа

понемногу отмирает. Средняя длина живой части листа вельвичии — 2–3 м, но у отдельных наиболее старых экземпляров они достигают 6 и даже 8,8 метра.



Женские (1) и мужские (2) шишечки вельвичии

С первого взгляда экзотическая наружность вельвичии может сбить исследователя с толку, но как только растение приступает к размножению, всё становится на свои места. По краям ствола-пенька вырастают шишки — на одних растениях мужские, на других — женские. После оплодотворения в женских шишках развиваются семена. После того как был описан процесс размножения вельвичии, принадлежность этого удивительного растения к голосеменным ни у кого не вызывает сомнений.

СОВРЕМЕННИКИ ДИНОЗАВРОВ

Наиболее древними и примитивными среди всех голосеменных считаются представители двух классов: **саговниковые** и **гинкговые**. Ископаемые остатки саговников встречаются с середины мезозойской эры (225 млн. лет назад), когда переживали свой расцвет динозавры.

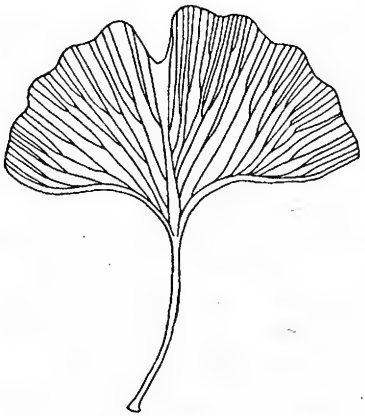
Распространение саговников и некоторых родов хвойных

Леса из гинкговых еще 100 млн. лет назад занимали огромные площади на всех материках Земли. Эти древнейшие растения, современники динозавров и летающих ящеров чудом сохранились до наших дней, практически не изменившись.

Из всего класса гинкговых до нашего времени дожил только один вид — **гинкго двулопастный**. В природе гинкго сохранился только в горах Дянь Му-Шань в Восточном Китае на площади немногим больше 100 км^2. Эта горная местность — последний оплот некогда процветавшей группы.

Дожить до настоящего времени гинкго помог статус священного дерева. Буддийские монахи

Гинкго двулопастный



Дихотомическое жилкование гинкго

высаживали гинкго около храмов и монастырей и ухаживали за саженцами.

Гинкго — очень красивое дерево с высоким, до 30 метров, гладким стволом и раскидистой кроной. Листья гинкго, похожие на маленькие веера, осенью желтеют и опадают, как у лиственницы.

Ветвление жилок в листьях указывает на древность гинкго: одна жилка разветвляется на две, те опять на две и так далее. Такое жилкование называют вильчатым, или дихотомическим, у семенных растений, кроме гинкго, оно не встречается, но свойственно папоротникам.

К концу лета на ветвях поспевают желтые семена, похожие на сливы или абрикосы. В переводе с японского «гинкго» означает «серебряный абрикос». Конечно, «абрикос» гинкго — это не плод, у голосеменных растений, как вы помните, плодов не бывает. Сочная ягодообразная оболочка семени гинкго чем-то напоминает шишкоягоду можжевельника. Эти семена часто продаются в японских лавках вместе с овощами и фруктами — они съедобны, хотя пахнут очень неприятно. Перед приготовлени-

ем их долго вымачивают, чтобы отбить стойкий гнилостный запах.

Как и вельвичия удивительная, гинкго — двудомное растение. Это значит, что на мужских деревьях образуются только мужские шишки с пыльцой, а на женских — шишки с семязачатками, из которых после оплодотворения разовьются семена.

Гинкго красив, неприхотлив, долговечен (возраст отдельных деревьев 1000 и более лет) и устойчив к задымлению воздуха, грибковым и вирусным заболеваниям, так что может с успехом использоваться для озеленения. Он хорошо растет на юге нашей страны и дает всхожие семена до широты Киева. Даже в ботаническом саду Санкт-Петербурга и в Москве небольшие деревца гинкго растут в открытом грунте и неплохо себя чувствуют.

Саговникам повезло больше: 130 их видов встречаются в Центральной и Южной Америке, Африке, Австралии и Юго-Восточной Азии. 130 видов для реликтовых растений — не так уж мало!

Долгое время саговники по чисто внешнему сходству принимали за пальмы. В частности, такого мнения придерживался «отец ботаники» **Теофраст**, и основатель современной системы классификации живых организмов — **Карл Линней** почти через две тысячи лет после Теофраста поместил саговники среди пальм. Да и само название «саговник», или «цикас», происходит от греческого слова «пальма».

Саговники

Сходство с пальмами саговниковым придают большие, до 6 метров длиной, перистые листья, растущие в виде розетки на верхушке стебля. Япония даже экспортирует специальным образом законсервированные листья саговников в другие страны, где они используются для изготовления крон искусственных пальм и цветочных композиций.

Молодые листья саговниковых свернуты в плотные улитки, напоминающие молодые листья папоротников. Возможно, этот древний признак остался саговникам в наследство от папоротникообразных предков.

По внешнему виду саговниковые довольно сильно отличаются друг от друга. Есть среди них деревья на толстых тумбовидных стволах высотой от 1 до 15 метров. Самым высоким из

современных саговниковых считается **лепидозамия Хоупа**, достигающая 20-метровой высоты. У **энцефалятроса превосходного** ствол начинает ветвиться у самой земли, как у кустарника. У «бесстебельных» саговников большая часть ствола или весь ствол целиком развивается под землей, а над поверхностью торчит только пучок листьев. Часто такой подземный стебель по форме напоминает клубень или луковицу. Есть среди саговниковых и **эпифиты**, всю жизнь проводящие на ветвях деревьев.

Стволы саговниковых часто бывают покрыты толстым (до 2,5 см) чехлом из оснований листьев, некогда покрывавших ствол по спирали. Этот чехол служит для увеличения прочности ствола, но основания листьев постепенно отваливаются, поэтому в верхней части ствол саговниковых может быть толще, чем у основания.

Большая часть ствола саговниковых состоит из сердцевины, окруженной тонким слоем механических и проводящих тканей и корой. В объемистой сердцевине содержится так много запасов воды и крахмала, что слабая корневая система не всегда может удержать тяжелый стебель в вертикальном положении. Стебель постепенно наклоняется, а иногда совсем ложится на землю.

Шишки саговников могут достигать огромных размеров: до 1 метра в длину. Такие шишки совсем не похожи на сосновые или еловые. У одних они напоминают яркие ананасы, у

других — кочны капусты коричневатого, желтого, оранжевого и даже серебристого цвета.

Саговники — очень медлительные растения. Только на образование семени у них уходит больше года. Период от рассеивания семян до их прорастания у многих саговников может занимать еще до двух лет. После прорастания семени проросток имеет всего один лист. Второй обычно появляется год спустя, следующие по одному за год или даже за несколько лет. Ствол саговников вырастает ежегодно всего на два-три сантиметра, поэтому внешне небольшие растения могут иметь довольно почтенный возраст.

Логично было бы предположить, что такие медлительные растения имеют очень узкую зону распространения, так сказать, доживают свои дни, а со всех сторон их теснят более «предприимчивые» голосеменные и покрытосеменные растения. Но это не совсем верно. В тропиках саговники распространены довольно широко: в Северной, Центральной и Южной Америке, в Центральной и Восточной Африке, в Юго-Восточной Азии и Австралии. Они встречаются и на открытых местах в саваннах и на морских побережьях, и в тени лесов. Иногда на пустынных и каменистых берегах океанических островов саговники могут расти даже в виде чистых зарослей. На первый взгляд древние саговники чувствуют себя в современных условиях не так уж и плохо. Но при более внимательном рассмотрении благополучие са-

Саговник

говников становится не таким уж бесспорным. Во всех частях своего ареала саговники встречаются в более сухих и менее благоприятных условиях, чем другие растения, а заросли саговников встречаются только на каменистых

побережьях в таких местах, куда другие растения либо еще не расселились, либо где условия роста для них не слишком подходящие. Саговники словно бы избегают соседства других растений, предпочитая занимать менее комфортабельную жилплощадь, — за нее и платить меньше, и из соседей вряд ли кто позарится. Конкурировать со своими продвинутыми родственниками саговникам не с руки — непременно вытеснят, лучше жить поскромнее. Не правда ли, этот принцип чем-то напоминает стратегию лишайников?

ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ, ИЛИ ЦВЕТКОВЫЕ, РАСТЕНИЯ

СЕКРЕТ УСПЕХА

Покрытосеменные растения появились на Земле около 100–125 млн. лет назад в самом начале мелового периода или даже несколько раньше, во время расцвета динозавров. К середине мела эти «новички» растительного царства уже начали теснить папоротникообразные и голосеменные растения, а сейчас цветковые занимают первое место среди всех прочих растений и по количеству видов, и по биомассе в наземных сообществах. Отдел цветковых включает в себя 235–250 тысяч видов. Для сравнения: папоротников насчитывается всего 12 000 видов, мхов — 9500, плаунов — 1000, голосеменных — 550 видов.

Простое сравнение этих цифр наталкивает на мысль, что цветковые обладают какими-то особенными приспособлениями, которые дают им преимущество перед всеми другими растениями.

Так же как голосеменные, цветковые растения относятся к **семенным**. Появление **семени** дало им ощутимое преимущество перед **споровыми** растениями. Об этих преимуществах мы уже говорили в предыдущей главе. Но помимо семени покрытосеменные приобрели и некоторые другие прогрессивные черты. Часть из них относится к усовершенствованию процесса размножения.

Одна из наиболее уязвимых фаз в жизни растения — период образования семян. Нежные

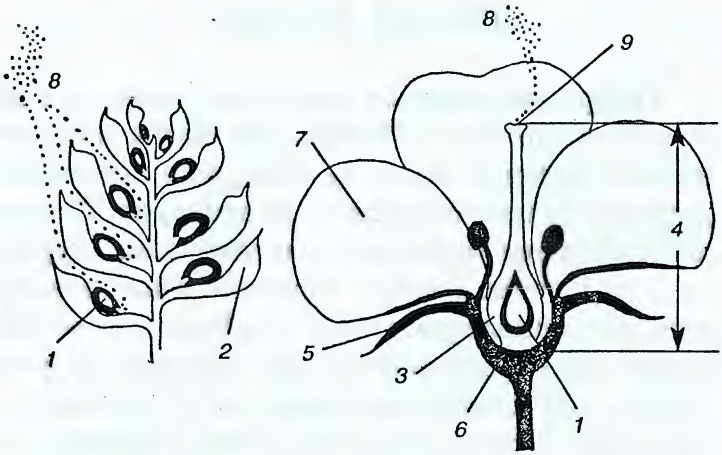


Схема строения шишки и цветка

Семязачатки (1) голосеменных открыто лежат на чешуях (2) шишки. Семязачатки (1) покрытосеменных находятся внутри завязи (3) пестика (4). Другие части цветка: чашечка (5), цветоложе (6), венчик (7) дополнительно защищают семязачаток, участвуют в привлечении опылителей и образовании плода. При опылении цветковых пыльца (8) попадает на рыльце (9) пестика, поэтому семязачатки не вступают в контакт с окружающей средой

семязачатки при соприкосновении с сухим и теплым воздухом могут легко высохнуть. Именно такой опасности подвергаются семязачатки голосеменных растений, когда чешуи их шишек приоткрываются для того, чтобы произошло опыление. Покрытосеменные растения защищают свое будущее потомство от иссушения и перепадов температур гораздо лучше. Семязачатки у них помещаются не открыто, а под надежной защитой стенок завязи. Дополнительную защиту создают части околоцветника — чашелистики и лепестки.

Для многих растений известно, что их цветки закрываются к вечеру, когда становится прохладно, и во время дневного зноя. А **лотосу** околоцветник позволяет поддерживать повышенную температуру внутри цветка, которая достигает +30–35 °С даже при температуре окружающего воздуха равной 10 °С. Предполагается, что постоянно высокая температура привлекает к цветам лотоса насекомых-опылителей, ускоряет созревание пыльцы и рыльца пестика и способствует быстрому развитию семязачатков.

Из семязачатка после оплодотворения развивается семя. Покрытосеменные и здесь превзошли голосеменные. У последних семя защищено только семенной кожурой, а у цветковых помимо этого семена дополнительно защищены стенками **плода**.

В образовании плода всегда принимает участие завязь, часто цветоложе, цветоножка, чашечка и даже столбик пестика. Из завязи цветка **вишни** формируется всем известный плод, который носит научное название — **костянка**. И внутренний каменистый слой косточки, и сочная мякоть, и плотная наружная кожица представляют собой разросшуюся стенку завязи. Совсем по-другому устроен плод **земляники**. Основную его часть составляет сочное разросшееся цветоложе, на поверхности которого видны плодики-орешки. Множество несросшихся плодиков вместе с сочным цветоложем образуют плод — сочный

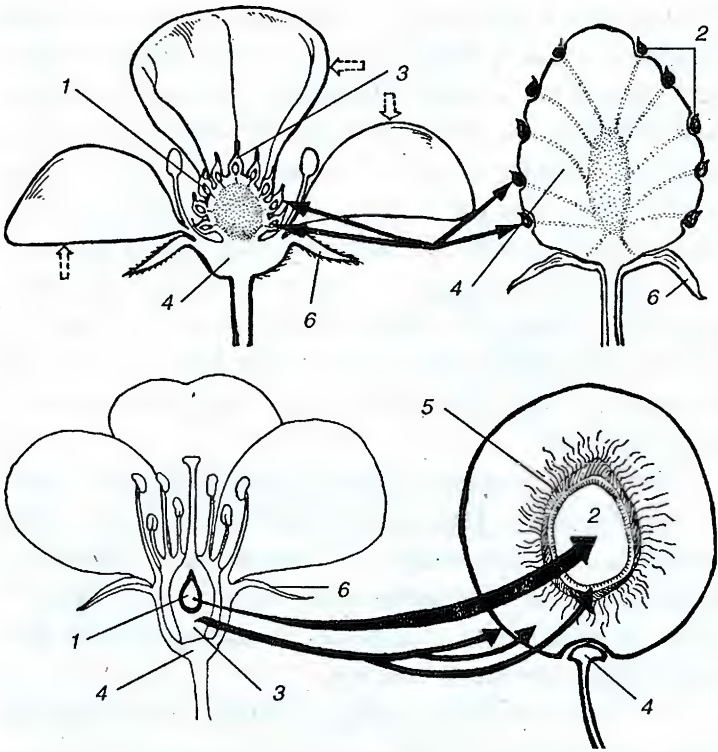


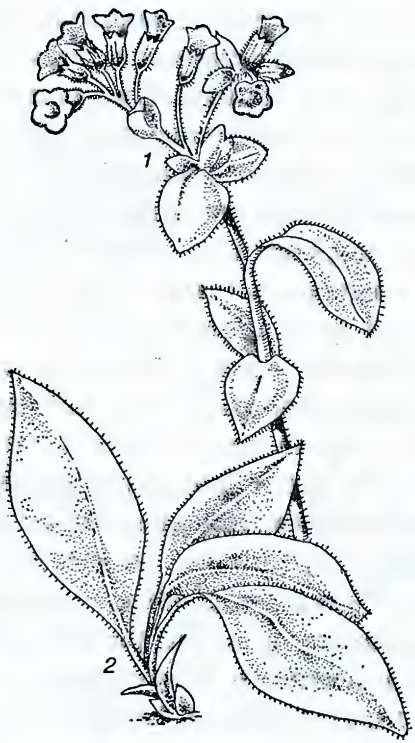
Схема образования плода из цветка земляники (вверху) и вишни (внизу)
1 — семезачатки; 2 — семена; 3 — завязь; 4 — цветоложе; 5 — околоплодник; 6 — чашелистики

многоорешек, или земляничину. Но как бы разнообразно ни были устроены плоды, все они нужны растению для решения одних и тех же задач: защита семян от высыхания и механических повреждений и их распространение. О том, какие замечательные способы распространения «изобрели» цветковые растения, мы поговорим чуть ниже.

Господство покрытосеменных растений нельзя объяснить исключительно совершенством органов размножения. Цветковые отличаются, кроме того, более совершенной **проводящей системой**, а следовательно, могут быстрее и эффективнее снабжать листья водой и питательными веществами из почвы. Проводящая система покрытосеменных и прочих сосудистых растений отличается примерно так же, как современная водопроводная система и глиняные водопроводы Древнего Рима.

Быстрая подача воды ведет к увеличению скорости дыхания и **фотосинтеза**, а значит, темпов роста и развития цветковых растений. Действительно, среди всех рассмотренных нами групп растений цветковые — самые скоростные. Вспомните, как быстро появляются из-под снега, зацветают и завязывают плоды растения-**первоцветы** средней полосы Европейской России: **мать-и-мачеха, ветреницы, медуница неясная, гусиный лук** — как правило, в начале июня они уже разбрасывают плоды. А растения пустынь Средней Азии, большинство из которых за месяц успевают отцвести и дать семена, чтобы исчезнуть до следующей весны?!

Раз растение получает достаточно воды, оно может «позволить себе» дольше держать устьица открытыми, не боясь погибнуть от жажды. Через открытые устьица в ткани листа поступает кислород и углекислый газ. Растение, которое держит устьица открытыми дольше, получает больше кислорода для дыхания



Медуница неясная

Зацветает в начале мая. Сначала появляется цветонос (1) с синими цветами, розовеющими после опыления. После отцветания растение выбрасывает розетку сердцевидных листьев (2)

и углекислого газа для фотосинтеза. Значит, увеличивается скорость обмена веществ. А высокий уровень обмена веществ — это быстрые темпы производства органических веществ, высокая скорость роста и развития.

Вспомните, как медленно растут саговники. Небольшая скорость движения воды в стволе заставляет их постоянно экономить во-

ду и дольше держать устьица закрытыми. Получается, что ради экономии воды растение постоянно сидит на голодном пайке и растет медленно. И рады бы медлительные саговники больше проветривать устьица, да не могут — высохнут. Цветковые растения (пока в почве достаточно воды) могут позволить себе большие расходы воды на испарение и чаще держат устьица открытыми.

Совершенство органов размножения, проводящей системы, высокий уровень обмена веществ дали покрытосеменным возможность расселиться по всей планете и отвоевать у голосеменных и папоротников обширные пространства экваториальных и тропических районов земного шара. Здесь некогда разнообразные и обширные леса из голосеменных и папоротникообразных безоговорочно капитулировали перед натиском цветковых растений. Удерживать свои позиции голосеменные продолжают только в умеренных поясах Евразии и Северной Америки (см. карты на сс. 299, 302). Но кто знает, надолго ли это?..

ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ

Захватывая всё новые и новые пространства, покрытосеменные сталкивались с большим разнообразием условий существования, и их внешний облик тоже становился все более и более разнообразным. Внешний вид растения

отражает условия жизни — это утверждение особенно очевидно, если сравнить водное растение с наземным.

Но и среди наземных форм можно выделить достаточно характерные типы. Деревья, кустарники, кустарнички, травы — все это примеры **жизненных форм** растений. Жизненная форма закреплена наследственно, другими словами, дерево или кустарник не могут стать травянистыми растениями, так же как трава не может одревеснеть. С другой стороны, жизненная форма древесных растений в зависимости от условий может существенно изменяться. Вспомните наш рассказ о стланике, который в благоприятных условиях растет в виде дерева, а в суровых условиях высокогорья выглядит как кустарник или даже стелется по поверхности почвы. То же самое можно сказать и про лиственные деревья **рябину** и **липу**. На улицах города и на лесных опушках рябина приобретает форму невысокого деревца, но под пологом леса ее чаще можно встретить в виде кустарника. Липа может встречаться в форме одноствольного, многоствольного дерева, а в густой тени ельника — даже в виде настоящего кустарника.

Теперь, когда мы разобрались с понятием «жизненная форма», самое время сравнить их разнообразие у разных групп растений. Вы сами без труда можете привести примеры деревьев, кустарников, водных растений и трав у цветковых растений (к кустарничкам относятся невысокие одревесневающие растения, та-

кие как **брусника, черника, багульник** и т. д.). А теперь попробуйте привести такие же примеры для голосеменных растений. С деревьями и кустарниками у вас вряд ли будут проблемы, но вспомнить «хвойные травы» или «водные голосеменные» вам вряд ли удастся.

Травы появились на Земле относительно недавно в середине мелового периода и «изобрели» эту жизненную форму именно покрытосеменные растения. Сейчас трудно представить себе лес, в котором под ногами нет травы, но еще 100 млн. лет назад такая картина была обычной. А степи, саванны и альпийские луга тогда вовсе не существовали, они могли появиться только с возникновением травянистых растений.

Но те жизненные формы, которые мы перечислили, еще не дают полной картины разнообразия внешнего строения цветковых растений. Только у покрытосеменных мы встречаем **луковичные, суккуленты, растения-подушки** и **перекати-поле**. Среди голосеменных лианы встречаются в виде исключения (**гнетум**), а у цветковых они принимают самые разнообразные формы — есть древесные, кустарниковые и травянистые лианы.

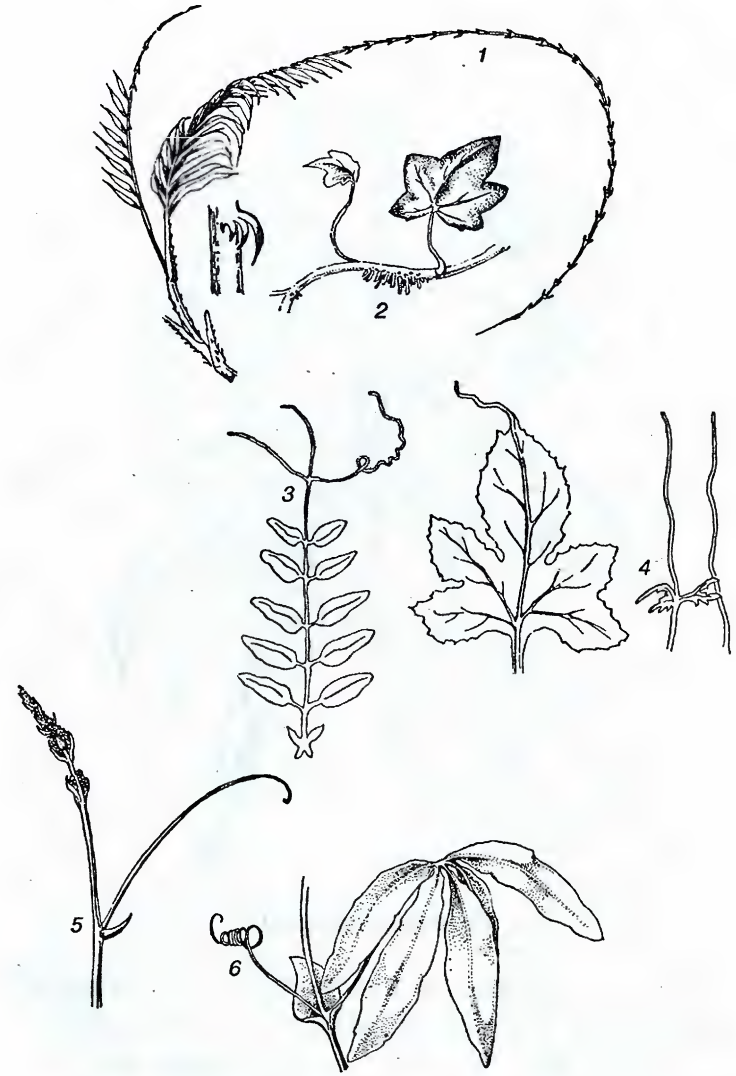
ЛИАНЫ

По внешнему виду **лианы** можно догадаться, что такому растению для нормального развития требуется большое количество света.

Нижняя часть стебля покрыта лишь недоразвитыми листьями — лиана словно отдает все силы росту. Зато, достигнув света, лианы образуют пышную шапку листьев, начинают цвести и плодоносить и разрастаются до того сильно, что могут перебрасываться на другие деревья, достигая длины 200–300 метров (напомним, что самые высокие прямостоячие деревья едва достигают высоты больше 100 м). Если поблизости не оказывается достаточно высоких деревьев, лианы «спускаются» и «ползут» по земле до тех пор, пока не наткнутся на подходящую опору.

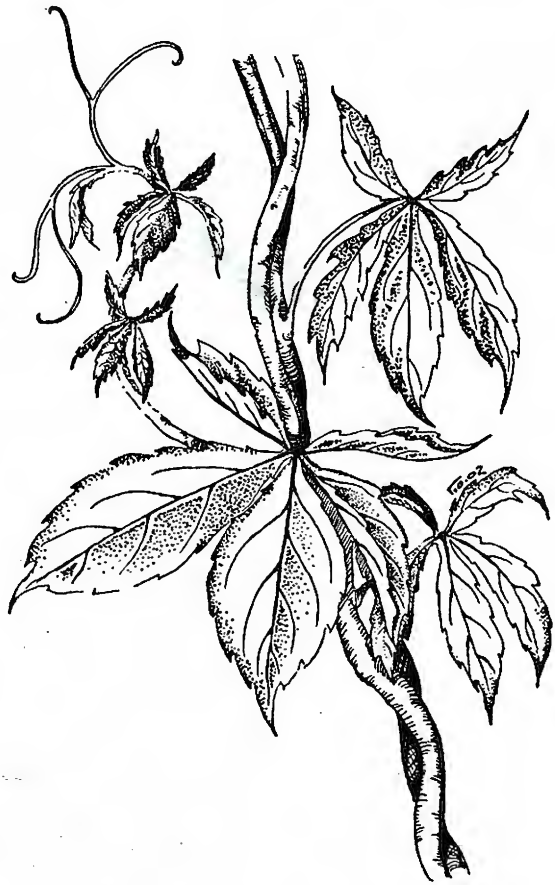
Чтобы прочнее закрепиться на опоре, лианы используют различные лазательные приспособления. Шипами и колючками цепляются **ротанговые пальмы, ежевика** и плетистые **розы.** Придаточные корни-присоски развиваются у **плющей,** такие же приспособления можно увидеть на примере некоторых комнатных растений: **сциндапсуса** и **фикуса ползучего.** Усики используют **виноград, тыква, бобы, фасоль, горох** и их многочисленные родственники. Забавные, похожие на пружинки усики лиан на самом деле — видоизмененные листья (бобовые и тыквенные), побеги (пассифлора), а усы винограда — вообще видоизмененные соцветия!

Большая группа вьющихся лиан поднимается по опоре, обвиваясь вокруг нее всем побегом. Оказывается, в мире растений тоже есть правши и левши. **Хмель** направляет свои побеги



Приспособления лиан к удержанию на опоре

1 — шипы ротанговой пальмы; 2 — корни-прицепки плюща; 3 — лист горошка с черешком, превращенным в усик; 4 — переход от нормального листа к усику у тыквы; 5 — превращение соцветия в усик у винограда; 6 — усик пассифлоры



Девичий виноград

преимущественно по часовой стрелке, а некоторые растения-левши закручиваются влево.

Наиболее обычны и разнообразны лианы в дождевых экваториальных и тропических лесах, где их насчитывается до 2000 видов. В умеренном климате лиан намного меньше, около двухсот видов. Это и понятно: расти-

тельность здесь не такая пышная, и конкуренция за свет слабее.

Во влажных тенистых ольшаниках и зарослях ивняка можно встретить уже знакомый нам хмель и **бешеный огурец** (он действительно родственник «небешеного»), на лугах и пустырях растут **вьюнок** и **повои**. Все это — травянистые лианы. Древесные лианы в средней полосе можно встретить только в садах, это: **девичий виноград**, краснеющий осенью, и некоторые сорта **клематиса, лимонник китайский** и **актинидия**, родина которых Дальний Восток. В лесах Кавказа растут дикие древесные лианы: **плющи, сассапариль, обвойник.**

Повой (слева) и вьюнок (справа)

СУККУЛЕНТЫ

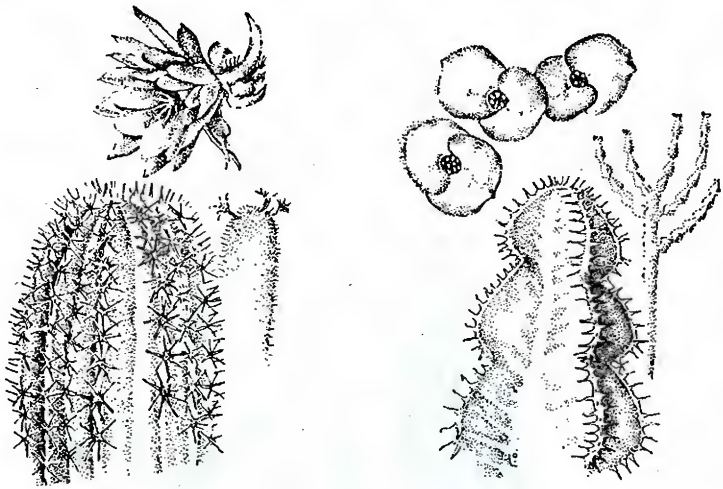
Суккуленты (от латинского «succus» — сок) — это растения засушливых районов, способные накапливать в своих тканях много воды и медленно ее расходовать. Это обитатели пустынь Африки, Америки и Австралии — сочные мясистые многолетние растения.

Со многими суккулентами вы хорошо знакомы — это всем известные **кактусы** и столетники (**алое**), которые часто разводят на подоконниках. Те из вас, кто бывал на юге, могли видеть **агаву**. Это мексиканское растение у нас высаживают в ботанических садах или используют как декоративное, но у себя на родине агава — важная сельскохозяйственная культура. Сбраживание сока агавы дают традиционный мексиканский алкогольный напиток пульке, спирт из агавы составляет основу знаменитой текилы. Из волокна агавы делают прочнейшие веревки, канаты, сумки, гамаки, обувь и многое другое. Лучшие ковбойские лассо делались из волокна агав. Индейцы-ацтеки добывали из сока агавы сахар, а из ее волокна бумагу. Само название страны — «Мексика» — в переводе с ацтекского означает «место агавы».

Сейчас трудно найти человека, который бы не знал, как выглядят кактусы, но еще 500 лет назад эти растения не были известны европейцам. Кактусы по происхождению американцы, они стали известны науке спустя не-

Агава

сколько лет после плавания Христофора Колумба. Правда, впервые увидев кактусы, ботаники, наверное, не очень удивились, поскольку были знакомы с африканскими **молочаями.**



Американский кактус (слева)
и кактусовидный молочай из Африки (справа)

(Род молочай насчитывает 2000 видов, распространенных на всех материках, кроме Антарктиды.)

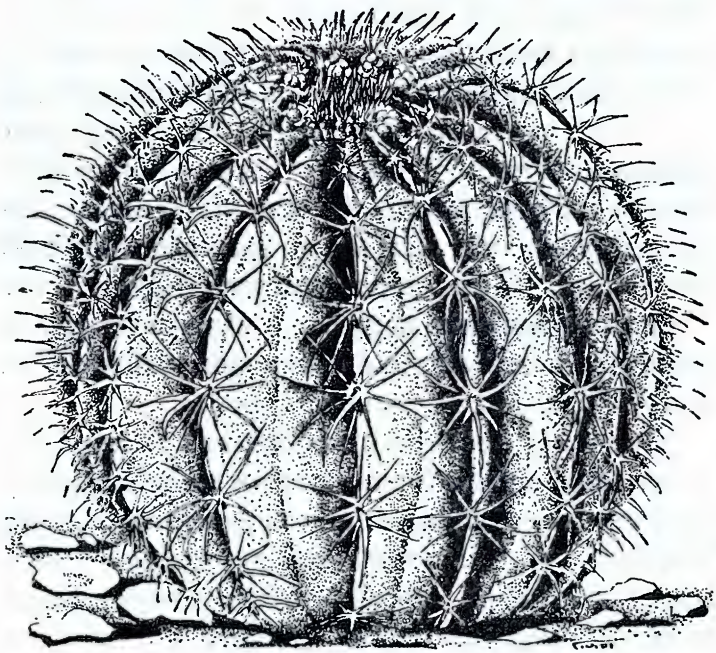
На первый взгляд африканские молочаи и американские кактусы похожи друг на друга как братья-близнецы. Да и почему бы им не быть похожими друг на друга, ведь условия африканских саванн, пустынь и нагорий мало чем отличаются от американских: то же палящее солнце, холодные ночи и редкие дожди. И кактусы, и молочаи имеют сходные приспособления к перенесению недостатка влаги, поэтому очень похожи друг на друга. Но, несмотря на внешнее сходство, это совершенно разные растения. Строение цветка, плода, детали внутреннего строения позволяют отнести мо-

лочаи и кактусы к двум разным семействам (они так и называются: **кактусовые** и **молочайные**). Растения из разных семейств родственны друг другу примерно настолько, насколько человек родственен собаке. Самый простой способ отличить молочаи — убедиться в том, что у поврежденного растения из ранки вытекает густой ядовитый млечный сок, кактусовые таким свойством не обладают.

Суккуленты могут запасать воду в корнях, корневищах (напомним, что это не корни, а видоизмененные подземные стебли!), стеблях и листьях. Количество запасенной воды бывает очень велико: в пустынях Северной Америки крупные кактусы накапливают от 1000 до 3000 л воды. Неудивительно, что такие живые цистерны животные часто используют в качестве источника пресной воды. Часто даже колючки не спасают суккуленты от жаждущих воды животных. Чтобы хоть как-то оградить себя от их посягательств, многие суккуленты (некоторые кактусы и все до единого молочаи) применяют химическую защиту, накапливая в тканях ядовитые вещества. Млечным соком одного из видов африканских молочаев аборигены до сих пор смазывают стрелы.

Корневая система суккулентов должна отвечать одному требованию: как можно эффективнее снабжать растение дефицитной влагой. Казалось бы, для этой цели лучше всего подходит корневая система типа «верблюжья колючка», когда корни уходят в почву на

15–20 метров, достигая водоносных горизонтов. Но многие кактусы придерживаются совсем иной стратегии. Их корневая система расположена у самой поверхности почвы. Это выглядит довольно странно: ведь верхний слой почвы и иссушается сильнее всего. Однако это очень хороший способ перехватить скудную влагу редких дождей, пока она в прямом смысле слова не утекла в песок. Поверхностные корни, густо ветвясь, охватывают значительную площадь — до нескольких десятков квадратных метров. Теперь вы понимаете, почему специалисты-кактусоводы рекомендуют выращивать большинство кактусов в неглубоких

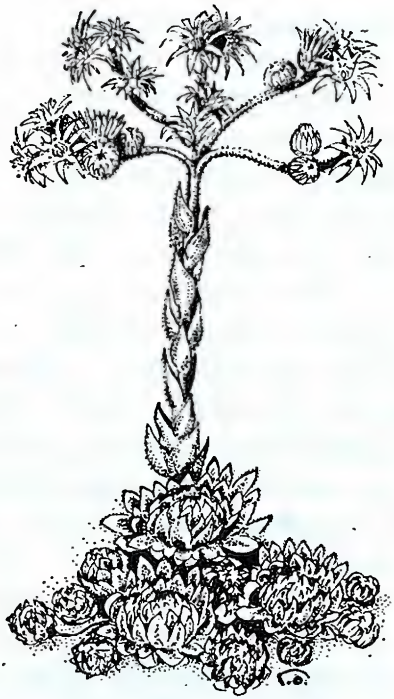


широких горшках? У корней суккулентов есть еще одна замечательная особенность: они буквально усеяны зачаточными корешочками, которые дружно пускаются в рост, как только почва смачивается дождем.

Но накопить воду — это полдела, главное, ее сохранить. Для этого все средства хороши. Даже форма стебля имеет значение. У многих кактусов стебель шарообразный — такая форма имеет идеальное отношение объема к площади поверхности: наибольшему объему соответствует наименьшая площадь испарения.

Вот здесь кактусы и сталкиваются с противоречием. С одной стороны, чтобы сократить потери воды, выгодно уменьшить площадь поверхности, но, с другой стороны, при этом сокращается фотосинтезирующая поверхность, а значит, ухудшается питание растения. И так плохо, и этак нехорошо. Кактусы решили эту сложность довольно оригинально: площадь поверхности, необходимую для протекания фотосинтеза, они увеличили за счет появления на стебле ребер и выростов-сосочков; у большинства кактусов стебель не гладкий, а ребристый.

Не надо думать, что все суккуленты — это непременно экзотические растения, пришельцы с далеких континентов. Среди растений наших широт тоже встречаются представители этой экологической группы. В сухих сосновых лесах, у обочин дорог и по обрывам на песчаных почвах часто можно встретить сочные



Молодило — листовой суккулент сухих сосновых лесов

шаровидные розетки **молодила** и разные виды **очитков**. Молодило и очитки относятся к группе листовых суккулентов, т. е. запасают воду в листьях.

ПОДУШКИ И ПОБРЯКУШКИ

Очень необычно выглядят **растения-подушки**. Со стороны они больше напоминают округлые или плоские камни, заросшие мхом.

Основу такой подушки составляют многочисленные густо ветвящиеся веточки, отходящие от короткого незаметного снаружи ствола. Живые листья располагаются только на поверхности подушки, а весь внутренний каркас может быть заполнен торфяной массой из перегнивших листьев, пронизанной придаточными корнями. Такая плотная подушка может выдержать вес взрослого человека, не изменив формы. Внутри растения-подушки создается особый микроклимат: в пустынях температура внутри подушек ниже, а влажность выше, чем в окружающем воздухе, в холодных местообитаниях, наоборот, внутри подушки теплее и суше, чем снаружи.

Подушковидная форма характерна для многих видов растений высокогорья, пустынь, тундр, арктических и субантарктических островов. Среди растений-подушек есть представители различных семейств цветковых растений: **крестоцветные, зонтичные, камнеломковые, гвоздичные, мальвовые, подорожниковые, сложноцветные.** Низкая или, наоборот высокая

Растение-подушка:
1 — общий вид; 2 — схема ветвления

температура и влажность воздуха и почвы, сильные холодные ветры придают им одинаковую форму, наиболее соответствующую суровым климатическим условиям, в которых они растут.

Ветви растений-подушек растут медленно, всего на несколько миллиметров в год. Поэтому карликовые растения могут быть древнее толстых раскидистых деревьев. Какой-нибудь могучий дуб может оказаться гораздо моложе компактной подушки, обитающей в высокогорьях или на арктических островах.

Знаете ли вы, что такое **перекати-поле**? Нет, это не одно растение. Это — целая группа степных растений: **солянки, кермеки, качимы, кураи, рогачки** и некоторые другие. Хотя эти растения не родственники, они очень похожи друг на друга.

По форме растение перекати-поля напоминает шар из веточек, покрытых мелкими листочками. Ветер (а в степи сильные ветра не редкость) обламывает высохшее растение перекати-поля у самого корня и гонит по степи. Маленькие и большие (до 1,5 м в диаметре) сухие шары, подпрыгивая, ударяются об землю, от таких толчков из них постепенно высыпаются семена, и вряд ли найдется два семечка, которые попали бы в одно место. Перекати-поле можно встретить не только в степи. В городах по газонам встречается сорное растение **клоповник мусорный** (родственник редиса и горчицы из семейства крестоцветных). Оно

Перекати-поле

распространяет семена точно так же, как степные растения, даром что прыгает по асфальтовым мостовым города.

КАЖУЩИЕСЯ ОДНОДНЕВКИ

Ранней весной в смешанных и, особенно, широколиственных лесах Европейской России местами земля покрывается сплошным ковром белых и желтых цветов. Это цветут **ветреницы**. Ветреницы — настоящие растения-невидимки. Уже в июне от пышного цветного ковра не остается и следа, не видно и листьев ветрениц — словно они провалились под землю. Куда исчезли растения-невидимки? Образное выражение «провалились под землю» полностью соответствует тому, что в действительности

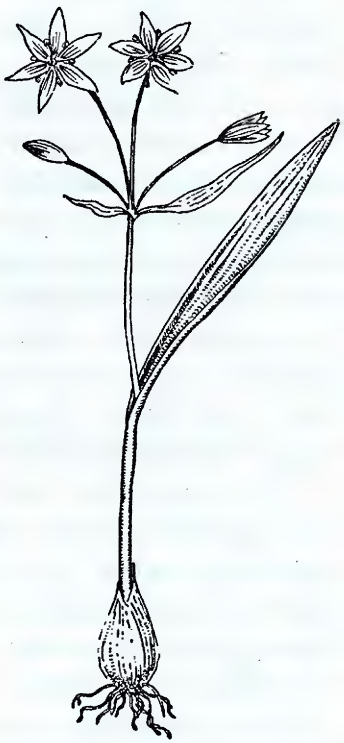
Ветреница дубравная

произошло с растениями. Ветреницы относятся к группе растений-**эфемероидов**.

Слово «эфемероиды» означает «похожие на эфемеров». **Эфемеры** — это самые быстрые из цветковых растений, успевающие за полтора–два месяца скоротечной пустынной весны прорасти из семян, стать взрослыми, зацвести, образовать плоды и умереть, оставив семе-

на до следующего сезона. Жизнь эфемероидов выглядит похожей, но в отличие от настоящих эфемеров они не погибают, а просто уходят под землю, дожидаясь следующей весны в виде луковиц, корневищ, клубней и других подземных органов.

Эфемероиды широколиственных лесов, как и лианы, нуждаются в большом количестве света. Но в широколиственных лесах светло только весной, до распускания листьев деревьев. Значит, единственный способ получить необходимое количество солнечных лучей — это завершить цикл размножения, пока деревья спят. Ветреницам приходится поторапливаться — за месяц они должны успеть зацвести, дать семена и накопить запас питательных веществ в корневищах, чтобы до следующей весны уйти под землю.



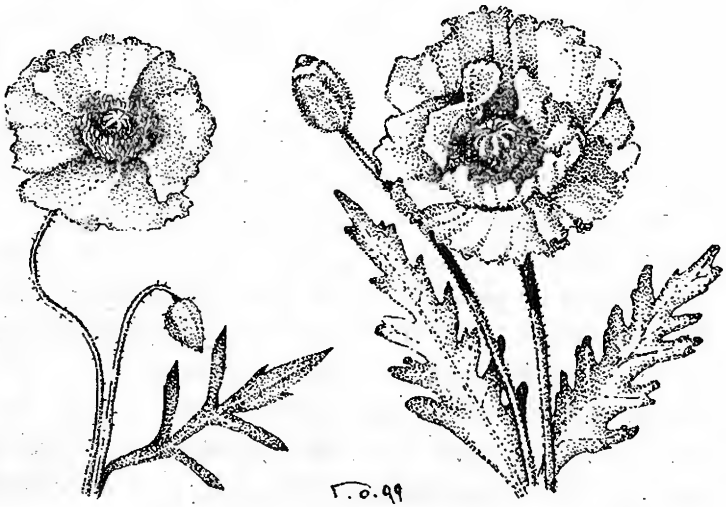
Гусиный лук

Кроме ветрениц к группе эфемероидов относятся **хохлатки, гусиный лук, чистяк весенний.** Все эти растения имеют особый «график развития»,

по которому весь период активной жизни укладывается примерно в один месяц. Остальные 10–11 месяцев эфемероиды проводят под землей.

Растения-невидимки встречаются не только в широколиственных лесах, много эфемероидов в пустынях, где осадки выпадают только в определенный сезон. В пустынях умеренного пояса влажный сезон приходится на весну, и в это время они превращаются в цветущие сады. **Тюльпаны, маки, астрагалы, живокость** и множество других растений покрывают землю цветным ковром. Как и в широколиственных лесах, эфемероиды пустыни за месяц успевают отцвести и оставить семена, но причиной такого короткого цикла размножения является уже не высокая требовательность к условиям освещенности (на недостаток света в пустынях жаловаться не приходится), а отсутствие осадков после окончания влажного сезона. В отличие от суккулентов эфемероиды пустынь не запасают и не удерживают влагу. Вместо этого они «убегают» от засухи, перенося неблагоприятные условия «в спячке».

Широкая пластичность в выборе жизненной формы стала одной из причин феноменального успеха цветковых растений, помимо укрытых семязачатков, цветка и совершенной проводящей системы. Ни споровым, ни голосеменным растениям не удалось «изобрести» такого разнообразия жизненных форм. Каждая отдельная «конструкция» позволяет рас-



Мак-самосейка (слева)
и мак восточный (справа)

тению осваивать свое, особое местообитание, каким бы экстремальным оно ни было, а вся совокупность жизненных форм позволило покрытосеменным освоить практически всю поверхность Земли.

ОПЫЛЕНИЕ — НЕ ВСЁ ТАК ПРОСТО

Для того чтобы из семязачатков образовались семена, а из завязей, чашечки и цветоложа сформировался плод, необходимо, чтобы на рыльце пестика попала пыльца, то есть произошло **опыление**. Напомним, что существует две разновидности опыления: самоопыление, когда на рыльце попадает пыльца с тычинок

того же цветка; и перекрестное опыление, когда пыльца переносится с одного растения на другое.

Для самоопыления никаких особенных приспособлений не требуется. У некоторых самоопыляющихся растений цветки даже не раскрываются и опыление происходит внутри закрытого венчика. Такие странные закрытые цветы можно найти у **фиалки удивительной.** Они расположены у самой поверхности почвы и дают семена в течение всего лета, а вот изящные голубые и фиолетовые цветы с тонким ароматом, украшающие леса весной и в начале лета, оказываются пустоцветами, хотя они даже выделяют нектар и посещаются насекомым. Зачем фиалке цветы, которые никогда не приносят семян? Зачем понапрасну тратиться на «дорогостоящий» нектар и даром кормить насекомых?

Возможно, раньше раскрывающиеся цветы фиалок выполняли свое предназначение и образовывали семена. Возможно, по каким-то причинам фиалки для получения семян стали обходиться только самоопылением в закрытых цветках, а те, яркие и пахучие, остались в качестве рудимента. А может быть, раскрывающиеся цветы фиалок все-таки опыляются насекомыми и завязывают семена, но это происходит далеко не всегда и только при определенных условиях? Как бы то ни было, тайна удивительной фиалки пока остается не раскрытой.

Фиалка удивительная
1 — бесплодные цветки;
2 — плодущие нераскрывающиеся цветки

В природе растений, выбравших самоопыление, не так много. Большинство прилагает массу усилий, чтобы обеспечить перенос пыльцы с одного растения на другое.

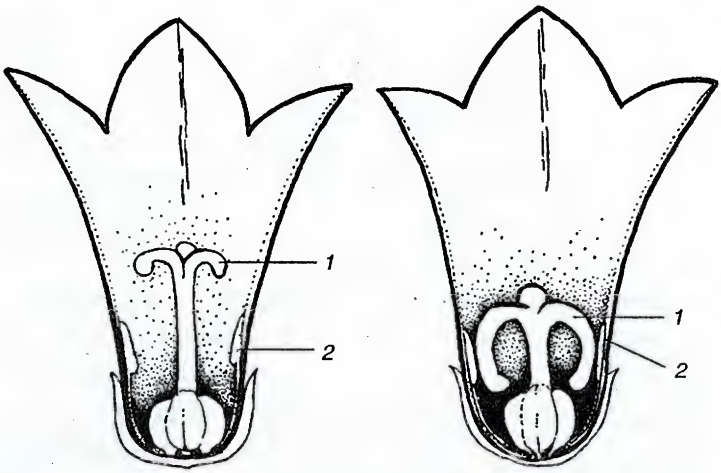
А у ржи, кукурузы и капусты вообще существует запрет на опыление собственной пыльцой и семян при самоопылении никогда не образуется. Этот запрет связан с тем, что при самоопылении происходит близкородственное скрещивание, при этом возникает

опасность накопления опасных мутаций, которые могут снижать жизнеспособность потомства. В мире живой природы существует неписаный закон, согласно которому и растения, и животные избегают близкородственного скрещивания.

А как же фиалка удивительная, спросите вы? Действительно, фиалки и еще несколько родов растений, не прибегающих к перекрестному опылению, не только не вымирают, но прекрасно себя чувствуют.

Однако, чтобы объяснить вам, почему так происходит, нам потребовалось бы написать целую книгу. Поэтому давайте ограничимся тем, что запомним: перекрестное опыление встречается в природе чаще, чем самоопыление, но если самоопыление все-таки существует, значит, в каких-то условиях оно тоже необходимо растениям.

Если рожь, кукуруза и капуста полностью отказались от перекрестного опыления, то многие другие растения этого делать не стали и поступили очень дальновидно. Представьте себе, что по каким-то причинам обмен пыльцой между растениями не состоялся. Например, в тенистом лесу, где и так-то немного насекомых, пока цвели растения, стояла такая сырая и холодная погода, что ни шмелей, ни бабочек днем с огнем было не отыскать. Перекрестное опыление в таких условиях невозможно, но остался запасной вариант — самоопыление. Лучше дать урожай «самоопылен-



Цветок колокольчика в начале цветения (слева) и в конце цветения (справа), если перекрестное опыление не состоялось. 1 — рыльце; 2 — тычинки

ных» семян, чем вообще не оставить потомства. Посмотрите, как остроумно выходит из затруднительного положения **колокольчик**. Если перекрестное опыление не произошло, его рыльце скручивается в кольцо и касается собственных тычинок.

АРМИЯ ПОМОЩНИКОВ

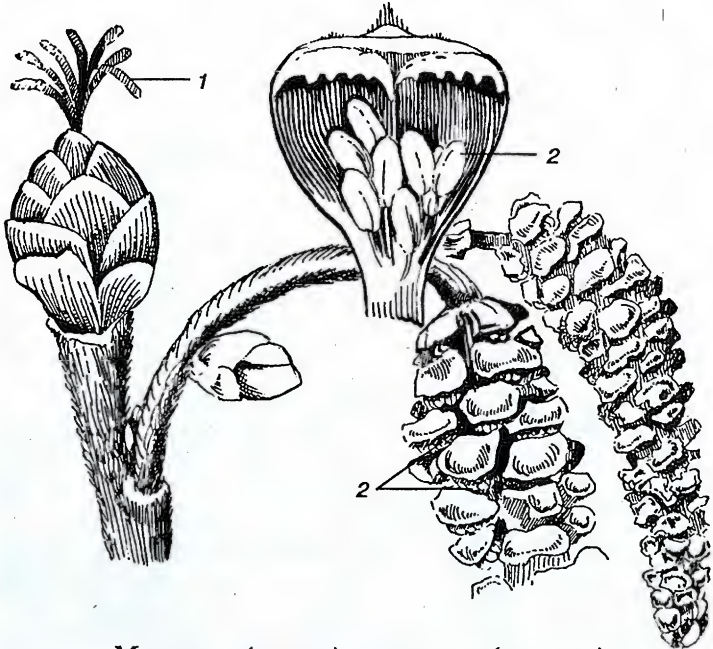
Перекрестноопыляющиеся растения в качестве переносящих пыльцу агентов используют ветер, воду, насекомых, птиц и даже некоторых млекопитающих.

Бросать пыльцу по ветру или доверять ее воде — занятие довольно расточительное.

Представляете, какое огромное количество пыльцы пропадает просто так! Чтобы скомпенсировать эти потери ветро- и водоопыляемые растения вынуждены производить пыльцу в огромных количествах — таким образом увеличивается шанс, что хотя бы небольшая ее часть попадет по месту назначения.

Неэкономность ветроопыляемых растений оправдывает себя только в условиях обширных открытых пространств, где никакие преграды не останавливают ветер. Болота, луга, степи, саванны, пампасы и прерии — настоящее царство ветроопыляемых растений, особенно их много в семействах **злаковых** и **осоковых**.

Много ветроопыляемых растений и среди деревьев и кустарников умеренного климатического пояса. Чтобы повысить эффективность переноса своей пыльцы ветром, они зацветают ранней весной, до распускания листьев. Вспомните, еще кое-где лежит снег, а на **орешнике**, **берёзе**, **тополе**, **осине** качаются на ветру длинные сережки. Это соцветия, собранные из мелких невзрачных цветков. Как только пригреет весеннее солнце, щитки, закрывающие цветки, расходятся и становятся видны желтые тычинки. Можно дождаться порыва ветра или просто щелкнуть по созревшей сережке, и в воздухе поплывет желтое облачко пыльцы. Не встречая препятствий (листвы еще нет) пыльца далеко разносится ветром по весеннему лесу.



Мужские (слева) и женские (справа) сережки орешника:
1 — рыльце пестика; 2— пыльники

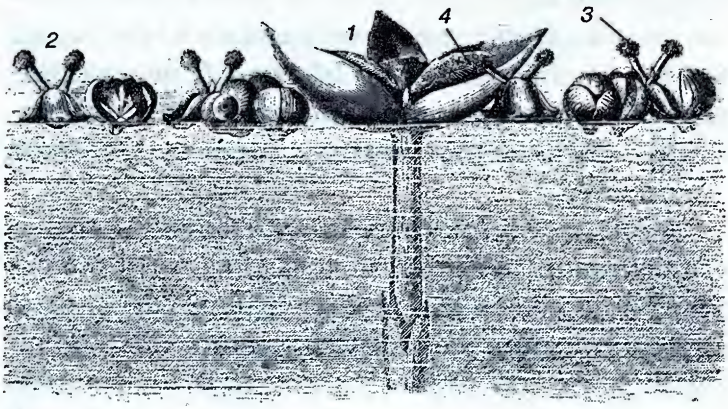
Вода опыляет цветковые растения, живущие в воде. Вот как происходит опыление у **валлиснерии** — распространенного аквариумного растения. Нераскрывшиеся мужские цветки отрываются от подводного соцветия и всплывают на поверхность. Здесь они раскрываются и плавают, как на лодочках, на отогнутых книзу трех листочках околоцветника, пока их случайно не прибьет к плавающим женским цветкам. Если хотя бы одна из двух тычинок мужского цветка соприкоснется с рыльцем, произойдет опыление.

Валлиснерия

Другое распространенное водное растение — **роголистник** опыляется прямо под водой. При созревании тычинки всплывают на поверх-

ность воды, где происходит высыпание пыльцы. Пыльца у роголистника немного тяжелее воды, медленно опускаясь в глубину, она может попасть на рыльца погруженных в воду женских цветов.

Растения, которые для переноса своей пыльцы используют животных, не полагаются на волю случая, а действуют наверняка. Опылители, перелетая (переползая, перебегая) с цветка на цветок, разносят пыльцу, которая с их помощью попадает не куда-нибудь, а точно на рыльца пестиков других цветов. Потери пыльцы возможны и в этом случае, но они несравнимы с теми, что терпят ветроопыляемые растения. Правда, и здесь есть свои недостатки. Ветроопыляемые растения тратятся только на большой запас пыльцы, а животноопыляемые растения должны заботиться еще



Опыление валлиснерии
1 — женский цветок; 2 — мужской цветок; 3 — тычинка; 4 — пестик

и прокормлении своих помощников. В пищу опылителям в большинстве случаев идет пыльца и нектар, а некоторые насекомые объедают лепестки цветов и даже съедают часть семязачатков (ради опыления растения жертвуют частью будущих семян!).

Но, даже не принимая в расчет нечастые случаи поедания семязачатков, опыление животными все равно обходится растениям довольно дорого: их пыльца содержит гораздо больше белков и жиров, чем у ветроопыляемых растений, а нектар может содержать до 80% сахаров. В тропиках встречаются виды растений с «масляными» цветками, которые для приманки насекомых выделяют не нектар, а высококалорийные масла. Нектар и пыльца порой производятся в огромных количествах. Например, лесная орхидея **княжник сибирский** выделяет до 90 мг нектара из одного цветка. (Представьте себе кубик со стороной 4,5 мм — это примерно 90 мл.) А австралийское растение **банксия** выделяет так много нектара, что местные жители сами используют его в пищу.

Итак, для животных-опылителей цветок — это ресторан, в котором оплата за питание состоит в переносе пыльцы от одного растения к другому. Какие только ухищрения не используют растения, чтобы привлечь к цветочным «ресторанам» желанных посетителей! Яркая красочная реклама, вывески и указатели, изысканные запахи, специальные посадочные

Княжник сибирский

площадки на цветке, а некоторые растения завлекают опылителей обманом...

Цветки, опыляющиеся утром или днем, обычно окрашены ярко — они должны быть издалека видны опылителям. Подлетая к цветку ближе, насекомое начинает обращать внимание на детали окраски. Если внимательно разглядеть цветки **лилии** или **львиного зева**, можно увидеть яркие пятнышки и черточки, которые становятся гуще к центру цветка. Лепестки **незабудки** или **нарцисса** ближе к основанию приобретают ярко-желтую или оранжевую окраску. С помощью таких деталей

растения сообщают опылителям, где именно искать пыльцу и нектар. Ориентируясь по цветным указателям, насекомые быстро отыскивают центр цветка, где расположены тычинки и пестик. Даже цветки, для человеческого глаза выглядящие совершенно однотонными, на самом деле тоже покрыты метками. Посмотрите на изображение цветка **калужницы болотной**. Глаза человека воспринимают его как чисто-желтый, но пчелы и осы видят в основании лепестков яркое ультрафиолетовое кольцо.

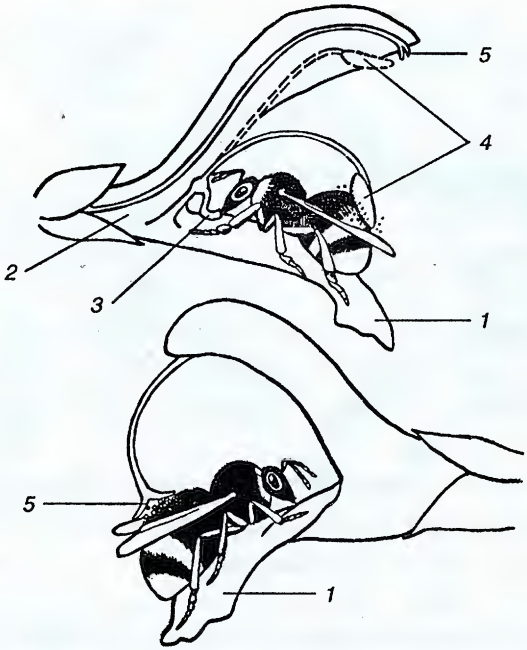
Видели ли вы когда-нибудь нежгучую крапиву? Думаю, да. Настоящее название этого растения — **яснотка белая**. Листья и стебли яснотки очень похожи на крапивные, но цветы совсем другие — ведь она относится к семейству **губоцветных**, а не крапивных. Осно-

Цветки калужницы болотной кажутся человеку однотонно желтыми (слева), а пчела видит у основания лепестков ультрафиолетовые пятна (справа), указывающие место расположения нектара

Яснотка белая

вания всех лепестков срослись в длинную трубочку, их свободные края расположены как верхняя и нижняя губа одна под другой и напоминают разинутую пасть сказочного животного. Кроме яснотки такое строение цветков характерно и для других губоцветных.

Растения этого семейства опыляют в основном пчелы и шмели — благодаря своим длинным ротовым трубочкам они могут добраться до нектара, расположенного на дне трубки венчика. Нижняя губа цветков более крупная, она играет роль посадочной площадки. Одно из губоцветных — **шалфей лекарственный** автоматизировал процесс «нагрузки» пыльцы. Тычинки шалфея имеют специальные педальки, при нажатии на которые пыльники, расположенные



Механизм опыления у шалфея

1 — посадочная площадка; 2 — расположение нектарников; 3 — «педаль» тычинки; 4 — пыльник; 5 — рыльце

под верхней губой цветка опускаются вниз, как будто их дергают за веревочку.

Обратите внимание: только цветковые растения в таком масштабе обратились за помощью животных. Большинство голосеменных опыляются ветром, споровые растения тем более обходятся без помощников. Не кроется ли еще одна причина грандиозного эволюционного успеха покрытосеменных в том, что они перестали рассчитывать только на свои силы и обратились за помощью к другим организмам?

ГЛАВА О ТОМ, КАК ВОЗНИКЛО СЕМЯ

Перед вами последняя глава этой книги. Приготовьтесь к тому, что читать ее вам будет не очень легко, потому что речь в ней пойдет о вещах запутанных и сложных, но от этого не менее интересных. Мы с вами планировали разобраться, как наземные растения «научились» размножаться, обходясь без воды, и из чего возникло семя. Эта глава для тех, кто действительно хочет получить ответы на эти вопросы. А разобраться в них нам поможет профессор ботаники Зеленовский и растения, с которыми вы уже познакомились на страницах этой книги.

Знакомьтесь — профессор Зеленовский. Всю свою жизнь посвятил изучению растений, но, дожив до седых волос, утверждает, что и теперь знает о них не больше, чем в самом начале своей научной карьеры, когда еще мальчиком уронил на себя бедушкин кактус

Все началось с того, что однажды в компании водоросли Порфиры, мха Сфагнума, Плауна булавовидного и папоротника Многоножки разгорелся спор о том, какие растения самые лучшие, самые

важные, самые красивые и вообще самые-самые. Профессор попытался было объяснить спорщикам, что это бессмысленная трата времени — все ныне живущие растения приспособлены к современным условиям и все занимают свое место в «хозяйстве» природы, — но не тут-то было.

Больше всех выступал Сфагнум. Он упрямо бубнил что-то об образовании болот, о древности всего их мшиного рода и о том, что трудно найти место на Земле, где бы не рос мох. Низенький Плаун бахвалился высотой, красотой и мощью своих вымерших родственников — лепидодендронов.

Папоротник Многоножка припомнила, что ни у плаунов, ни у хвощей нет такого количества родственников, как у нее. Шутка ли — 12 000 видов папоротников! В одном только

Мох, Плаун и Папоротник сошлись между собой: водоросли им и в подметки не годятся — нет у них ни кутикулы, ни устьиц, ни механических и проводящих тканей. Потом Плаун и Папоротник припомнили водорослям и отсутствие настоящих органов — кор-

ней, побегов, листьев (Сфагнум, правда, в это время скромно помалкивал). И тут Порфира не выдержала.

Порфира: Не очень-то задавайтесь! Мы, мол, продвинутые, мы, де, высокоорганизованные... Да если бы не мы, водоросли, не было бы и вас, многоуважаемые мхи, и уж тем более вас, дорогие папоротникообразные! Раньше вас всех в древних морях и океанах Земли возникли зеленые водоросли. Они-то и стали вашими предками. А я, между прочим, хоть и к красным водорослям отношусь, состою с ними в близком родстве. — И Порфира еще больше покраснела от гордости за свое высокое происхождение. — Так вот, о чем это я. Мы — зеленые водоросли...

Сфагнум: Ну-у-у-у, завела свою шарманку. Сейчас вспомнит о всех своих желто-буро-зеленых и серо-малиновых в крапинку родственничках и покойных риниофитов приплетет.

Порфира: А что? Риниофиты — это прямые потомки зеленых водорослей. Это они первыми выбрались на сушу. Они же были предками хвощей и папоротников, а к мхам, между прочим, риниофиты не имеют никакого отношения, скажите, профессор.

Профессор Зеленовский: Действительно, ученые до сих пор не располагают сведениями

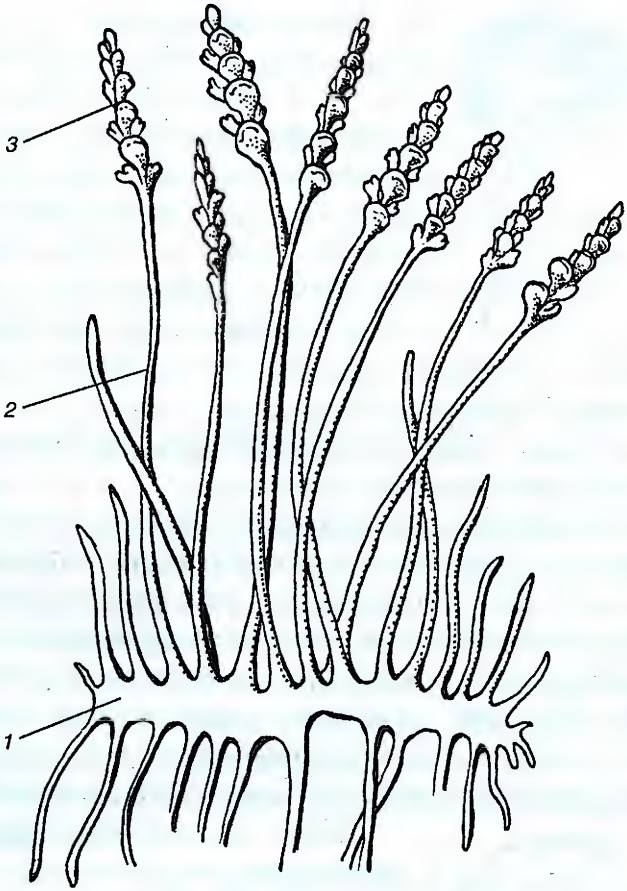
о том, какие именно древние водорослеподобные растения были предками мохообразных. Известно только, что и у мхов, и у остальных сосудистых растений был общий предок — сложно устроенная зеленая водоросль. Зато мы знаем, что предки плаунов — зостерофиллофиты — возникли почти одновременно с риниофитами около полумиллиарда лет назад.

Плаун: Значит, мы, плауны, произошли, не от риниофитов, как все остальные наземные растения, а от особого ствола... Интересно! То-то я всегда чувствовал, что чем-то отличаюсь. Скажите, профессор, а как выглядели мои предки?

Профессор Зеленовский: И риниофиты, и зостерофиллофиты известны нам только по сохранившимся отпечаткам в древних породах. Судя по всему, они были довольно похожи друг на друга: одни безлистные «стебли» росли горизонтально в иле, другие устремлялись вверх. На этих зеленых веточках формировались спорангии, собранные в спороносные колоски, наподобие тех, что мы видим у плаунов.

Тут на пороге профессорского кабинета возникли Сосна и Осина.

Порфира: О-о-о-о, а вот и голосеменные с цветковыми пожаловали!



Зостерофиллофит

1 — «корневище»; 2 — надземные «побеги»; 3 — спорангии

Сфагнум: Сейчас начнут выступать: «у нас семена, у нас плоды, у нас цветы...»

Профессор Зеленовский: Здравствуйте, дорогие мои. А у нас здесь настоящий научный диспут по вопросам происхождения разных групп растений.

Сосна: По вопросам происхождения? Это интересно. Ну, про цветковых мне все известно — это потомки моих голосеменных предков. Цветковые просто ловко использовали наше главное изобретение — семя. Но чего не отнимешь, того не отнимешь — впервые семя появилось именно у нас, у голосеменных.

Многоножка: Неправда! Семя впервые изобрели семенные папоротники!

Профессор Зеленовский: Действительно, семенные растения произошли от каких-то древних папоротников, но, как только растения приобрели семя, они сразу же перешли из отдела папоротниковидных в отдел голосеменных. Поэтому семенные папоротники папоротниками только называются, но составляют особый класс отдела голосеменных растений.

Осина: А по-моему, гораздо интереснее выяснить, не у кого, а из чего возникло семя. Не на пустом же месте оно появилось? Расскажите об этом, профессор.

— Да, расскажите! — подхватили Порфира, Сфагнум и Плаун. Им показалось, что выступление Многоножки затмило их скромные достижения.

Профессор (задумчиво теребя бороду): Я расскажу, но при одном условии — вы все будете мне помогать.

— Да, но мы же ничего про это не знаем, — в замешательстве протянул Плаун.

Профессор улыбнулся: Каждый из вас, уважаемый Плаун, знает о себе гораздо больше, чем все ученые мира... Но начать нам придется издалека. Помните ли вы, что такое половое размножение?

Порфира: Я знаю! В главе про водоросли, то есть про меня, говорилось, что половое размножение — это такое размножение, когда новый организм, то есть новая порфира, получается в результате слияния двух половых клеток: мужской и женской.

Профессор Зеленовский: Молодец, Порфира! Половые клетки по-другому называются гаметами: женская гамета — яйцеклетка, а мужская — сперматозоид.

Сфагнум: Не понимаю, какое это имеет отношение к семени.

Профессор Зеленовский: Не торопись — сейчас поймешь. Итак, суть полового размножения заключается в слиянии двух разнополых клеток (женской и мужской гаметы). После их слияния (оплодотворения) из образовавшейся зиготы развивается новое растение, или животное, или человек.

Порфира: И даже человек!

Профессор Зеленовский: И даже человек. Все живые существа в принципе очень похожи

друг на друга. Новый организм, получившийся от слияния двух родительских клеток, будет одновременно и похож на родителей, и непохож на них. Догадались почему?

Сосна: А чего тут догадываться, если яйцеклетка от мамы, а сперматозоид от папы, то ребенок будет похож и на маму, и на папу, точная копия мамы или папы уже не получится!

Осина: Ага, значит, в результате полового размножения появляется новый организм, обладающий новым набором признаков и свойств.

Плаун: Да, и эти новые признаки и свойства могут оказаться полезными...

Профессор Зеленовский: Совершенно верно! Но для объединения генетической информации родителей необходимо оплодотворение, то есть слияние половых клеток обоих родителей или хотя бы одного родителя.

Порфира: А, все понятно. При слиянии гамет растений-родителей их генетическая информация объединяется. В результате образуется новое растение. Пока оно маленькое, его называют семенем.

Профессор Зеленовский: Нет, Порфира, до семени еще далеко. Вспомни, что происходит после слияния гамет у водорослей.

Порфира: После того как яйцеклетка сливается со сперматозоидом или спермием (это неподвижный сперматозоид без жгутика — такие бывают у некоторых водорослей), образуется зигота, которая может долго находиться в состоянии покоя, но как только наступят

подходящие условия, она прорастает в новое растение водоросли. Ой, действительно, никакого семени не образуется!

Профессор Зеленовский: Конечно, нет. Семена нужны в том числе чтобы защитить зародыш нового растения от высыхания, но такая предосторожность для водного растения излишняя. В водной среде не существует еще одной сложности, с которой сталкиваются растения на суше. У водорослей мужские гаметы добирались до женских вплавь. А по суше как прикажете добираться? Вся эволюция наземных растений представляла собой попытку выйти из этого тупика, что окончательно удалось сделать только семенным растениям. Но до этого момента растениям предстояло пройти немалый путь.

Многоножка: Не понимаю, почему нельзя было в таком случае ограничиться бесполым размножением. Для прорастания споры не нужно оплодотворение, значит, можно было бы обойтись без воды вовсе. И всех этих ужасных сложностей для наземных растений не существовало бы.

Сосна: Да ты все прослушала, что ли?! Только что обсуждали, что половое размножение нужно для того, чтобы у новых растений могли проявиться новые свойства. А вдруг окажутся полезными?

Порфира: Но, насколько я знаю, от бесполого размножения спорами наземные растения тоже не отказались?

Многоножка, *Плаун* и *Сфагнум* (в один голос): Конечно, мы не отказались, и хвощи тоже.

Сосна: Вот именно. И как же это можно объяснить?

Профессор Зеленовский: Наземные растения не могли отказаться от бесполого размножения хотя бы потому, что так размножались их предки. Ну-ка, Порфира, напомни нам, как протекает жизнь обычной водоросли и для каких целей обычной водоросли нужны споры.

Порфира: Это я могу. Это, пожалуйста. Мы, водоросли, как вы уже знаете, существа двуличные. А двуличные мы потому, что проживаем жизнь в двух разных обличиях: спорофита и гаметофита (кто не помнит, что это такое, советую вернуться на с. 170). Само название «спорофит» подразумевает то, что такая водоросль образует споры. Не знаю, как там у наземных родственников, а у нас, водорослей, все продумано до мелочей: гаметофиты образуют гаметы, которые сливаются и образуют зиготу. Обычно это происходит, когда условия жизни изменяются не в лучшую сторону. Теперь, после рассказа Профессора, я поняла, почему так происходит. Чем сложнее условия существования, тем полезнее получить новые свойства и признаки, а они быстрее всего появляются в результате полового размножения. Дальше, если помните, идет стадия зиготы. Она прорастает не сразу и, благодаря этому, очень устойчива ко всяким превратностям судьбы. Но когда условия улучшаются, зигота

прорастает в спорофит. Спорофит образует миллионы и миллионы спор...

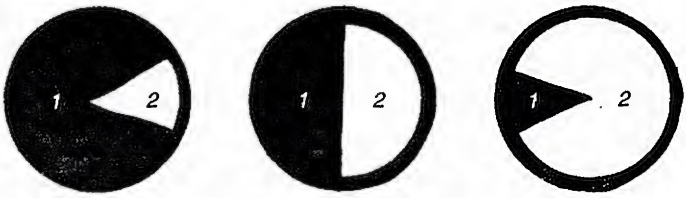
Профессор Зеленовский: Стоп. А в чем заключается функция спор?

Плаун: Это каждому ясно: множество спор позволяют быстро увеличить число водорослей, или плаунов, или мхов, или хвощей...

Многоножка: или папоротников! Но кое-что ты, Плаун, забыл. Мельчайшие, легкие споры могут разноситься ветром на большие расстояния. Споры нужны еще и для расселения. Это подвижные животные могут позволить себе только половое размножение — у них расселяются взрослые формы. А нам, неподвижным растениям, нужны особые расселительные клетки.

Профессор Зеленовский: Молодцы! Итак, половое и бесполое размножение — это наследство, которое досталось наземным растениям от их предков — водорослей. Но, как мы выяснили, наземным растениям нельзя было обойтись ни без полового размножения, ни без спорового. Без слияния гамет не получатся растения с новыми свойствами, а без летучих спор невозможно освоение новых местообитаний.

Порфира: Я хочу обратить внимание уважаемой аудитории на один важный факт. Мы, водоросли, — совершенно уникальные растения. Мало того, что мы проживаем жизнь в двух разных обличиях — спорофита и гаметофита, у разных видов жизненный цикл сильно отличается друг от друга. Одни водоросли



Соотношение стадий гаметофита и спорофита в жизненном цикле различных водорослей: 1 — гаметофит; 2 — спорофит

проживают большую часть жизни в виде спорофита (большинство красных и бурых водорослей, в том числе ламинария), другие — в виде гаметофита, наконец, третьи делят свою жизнь между спорофитом и гаметофитом поровну (например, ульва).

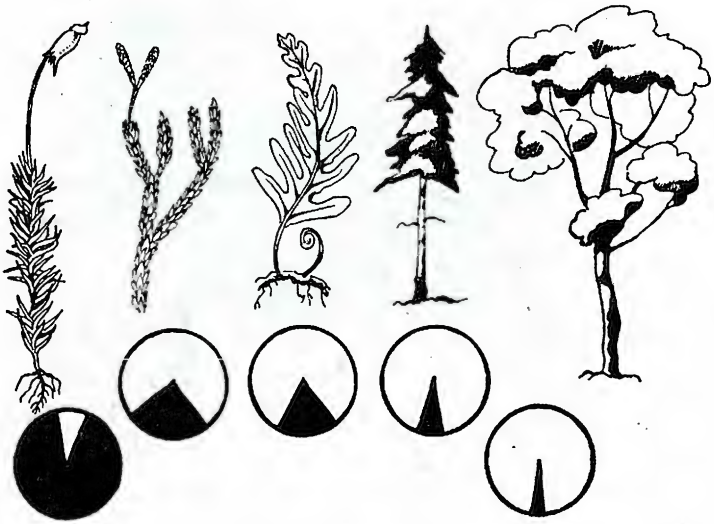
Профессор Зеленовский: Спасибо, Порфира. Обратите внимание, в воде разные водоросли могли позволить себе «выбирать» разные варианты жизненных циклов, но большинство наземных растений избрали вариант господства спорофита над гаметофитом.

Сфагнум: Все, кроме нас — мхов. Я и все мои мохобородые родственники, начиная с примитивного печёночника и заканчивая совершенными листостебельными мхами, к коим относится ваш покорный слуга, большую часть своей долгой жизни проводят в стадии гаметофита. Спорофиту же мхов положено расти на мхе-гаметофите, во всем от него зависеть и питаться за его счет. Так у нас, мхов, заведено иостари, на том и стоим.

Профессор Зеленовский: Действительно, у мхов все наоборот, но такой перевернутый жизненный цикл в мире наземных растений — исключение. Кроме мхов, у всех остальных растений суши преобладает спорофит — растение, которое образует споры.

Осина: А почему главным на суше стал именно спорофит?

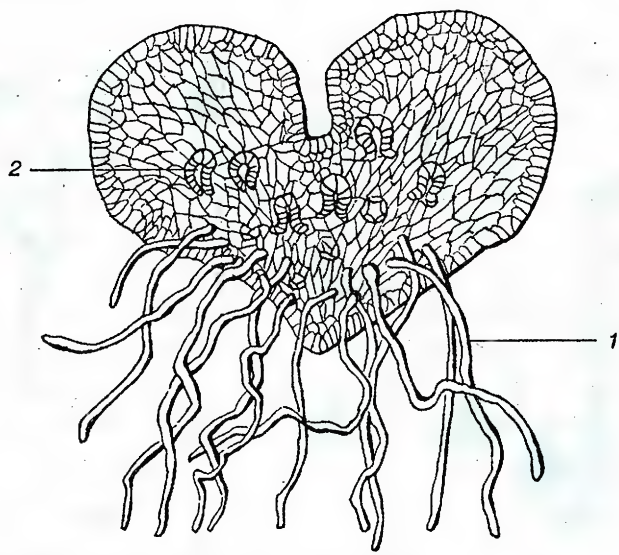
Профессор Зеленовский: Причина этого становится ясной, если вспомнить, что основной функцией гаметофита является образование половых клеток. В воде гаметам не угрожает высыхание, но на суше они особенно уязвимы. До яйцеклетки сперматозоид может добраться только по тонкой пленке воды у поверхности



Соотношение стадий гаметофита и спорофита в жизненном цикле мхов, плаунов, папоротников, голосеменных и цветковых

почвы. Гаметофит «привязан» к земле потребностью гамет во влаге. Спорофит, напротив, устремлен вверх. Ведь его задача — распространить споры — на суше сильно усложняется. В воде все просто: зооспоры сами расплываются в разные стороны, а если споры неподвижны, они разносятся течениями. На суше надежда только на ветер, но, чтобы его использовать, нужно вынести спорангии как можно выше. Так, само собой получилось, что спорофит стал мощным и заметным, а гаметофит все больше и больше вжимался в почву.

Многоножка: Ой, верно. Даже смешно сравнивать огромные древовидные папоротники — спорофиты и их крошечные заростки-гамето-



Гаметофит (заросток) папоротника: 1 — ризоиды; 2 — половые органы (архегонии и антеридии)

фиты. С одной стороны, высокие деревья, или, по крайней мере, крупные вайи, с другой — тоненькие зеленые пластиночки, которые стараются вжаться поглубже во влажную почву.

Плаун: А наши плауновые заростки и вовсе сидят в земле. Там влажность выше, а значит, и опасность засохнуть меньше.

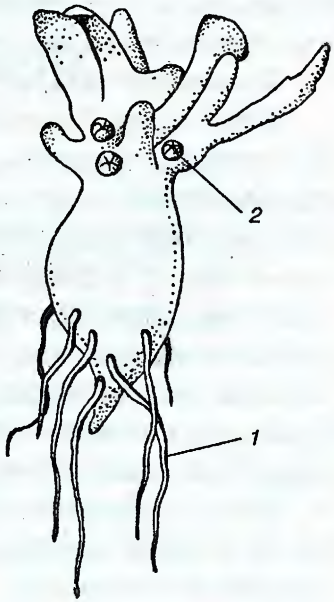
Сфагнум: Интересно, уважаемый Плаун, чем же питаются под землей ваши зеленые заростки?

Плаун: Это у папоротников да у хвощей они зеленые, а наши бесцветные. А кормят нас грибы. У нас с ними взаимовыгодная сделка. Симбиоз, значит.

Порфира (в замешательстве): Это что же получается? Вы все — тоже двуликие?

Мох, Плаун, Папоротник (наперебой): Конечно, у нас тоже есть и спорофит, и гаметофит, совсем как у водорослей.

Профессор Зеленовский: Естественно, в природе ничто не проходит бесследно. Все наземные растения унаследовали от своих водных предков



Гаметофит (заросток) плауна: 1 — ризоиды; 2 — половые органы (архегонии и антеридии)

сложный жизненный цикл, состоящий из двух стадий: спорофита и гаметофита. Вот тут-то и зарыта собака...

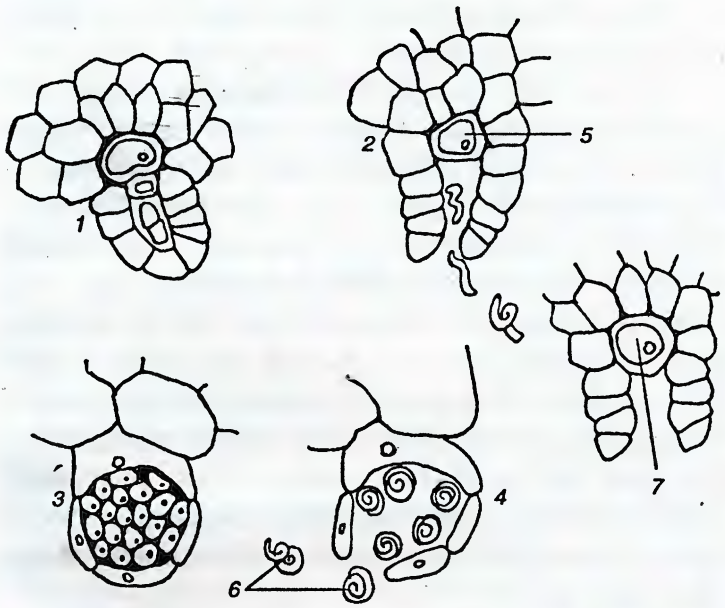
Сфагнум: Не понимаю, причем здесь собака?

Плаун: Успокойся, мохобородый, это такое образное выражение. Профессор хочет сказать, что любезные водоросли оставили нам с тобой тяжелое наследство в виде стадии гаметофита. Избавиться от нее было нельзя — надо же откуда-то брать половые клетки! Но и оставлять гаметофит таким, каким он есть, тоже не очень-то умно. Посмотри на гаметофит Многоножки — тонкий, слабый, любой жук или слизняк его сжует, а солнце высушит.

Многоножка: Подумаешь, у тебя такой же!

Профессор Зеленовский: Не ссорьтесь — это правда — ваши гаметофиты плохо защищены, особенно от высыхания. Пока климат на Земле был теплый и влажный, в этом не было ничего страшного и споровые растения процветали. Древовидные хвощи, папоротники и плауны образовывали леса. Но как только климат стал чуть суше... Попробуйте представить себя на месте ваших предков. Как бы вы защитили свой гаметофит?

Плаун: Нужно сократить продолжительность жизни гаметофита — пусть он станет совсем маленьким, тогда ему потребуется меньше времени, чтобы вырасти, а значит, и опасностей ему будет грозить меньше. Можно даже рассчитать так, чтобы споры высыпались в самое влажное время года и успевали



Половые органы споровых растений

1 — незрелый архегоний; 2 — зрелый архегоний; 3 — незрелый антеридий; 4 — зрелый антеридий; 5 — яйцеклетка; 6 — сперматозоиды; 7 — оплодотворенная яйцеклетка (зигота)

прорастать, пока не наступил более сухой сезон. Представьте себе, спора попадает во влажную почву и начинает быстро прорастать. Теперь в кратчайшие сроки гаметофит должен успеть вырасти и сформировать половые органы: в женских (их называют архегониями) — разовьются яйцеклетки, а в мужских (антеридиях) — сперматозоиды. После того как гаметы созреют, происходит оплодотворение, и зигота сразу же начинает делиться. После первого деления это уже не зигота, а молодой спорофит.

Порфира: Какой ты шустрый! А где у твоей зиготы период покоя?

Плаун: У зиготы наземных растений нет никакого периода покоя — они прорастают сразу. Спроси у Папоротника, он подтвердит. И не мешай мне — я еще не закончил. Так вот, молодой спорофит быстро растет, стремясь покинуть опасный возраст заростка. Развив мощную корневую систему, он обеспечит себя водой, кутикула на листьях защитит его от высыхания, а кора на стебле, корневище и корнях поможет уберечься и от высыхания, и от многочисленных пожирателей растений, против которых был беззащитен нежный заросток-гаметофит. Ну, как вам мой проект защиты гаметофита?

Профессор Зеленовский: Неплохо, неплохо, Плаун. В целом, ты, конечно, прав. Хотя у меня есть одно возражение. Ты прав в том, что гаметофит на суше настолько уязвим и слаб, что растению становится выгодно, как можно сильнее сократить эту стадию жизненного цикла. Этот процесс можно проследить и на примере современных растений. У плаунов заростки живут от 6 до 15 лет и дольше. У наиболее примитивных папоротников — до 5 лет. А сердцевидный гаметофит щитовника мужского — одного из самых обычных папоротников наших лесов — живет всего один-два месяца.

Плаун: А возражение, позвольте узнать, какое?

Профессор Зеленовский: Ну, во-первых, предложенный способ не дает радикального решения проблемы — гаметофит, пусть и один-два месяца, должен выжить в изменчивых условиях. Кстати, что любопытно, подземные гаметофиты, которые вы, уважаемый Плаун, считаете самыми защищенными, характерны для наиболее примитивных споровых растений. Развиваются они долго и поэтому невыгодны. А у наиболее совершенных папоротников гаметофиты развиваются быстро, но расположены на поверхности почвы, они тонкие и легко высыхают. И тут — тупик, и там — тупик. Многоножка, Порфира, Сфагнум, а вы придумали какой-нибудь способ для защиты гаметофита от высыхания?

Порфира: А что если гаметофит будет развиваться под защитой спорофита? Ну, как будто спорофит его вынашивает, как кенгуру своего детеныша. Только представьте себе: спора никуда не улетает, а прорастает в гаметофит, не выходя из спорангия, здесь же происходит оплодотворение и начинается развитие молодого спорофита — зародыша нового растения. Конечно, гаметофит при этом лишится самостоятельности, но зато ему больше не угрожали бы гибель от высыхания и прожорливых букашек.

Профессор Зеленовский: Умница, Порфира!

Сфагнум: Да, а может, эта растительная кенгура еще и выкармливать будет своего гаметофитика?

Порфира: И будет, и будет. Скажите ему, Профессор. Большой спорофит будет выкармливать свой маленький гаметофит до тех пор, пока он не станет самостоятельным.

Профессор Зеленовский: Не задирайся, Сфагнум. Порфира абсолютно права. Лучше скажи, придумал ли ты какой-нибудь способ защиты гаметофита?

Сфагнум: Да, я уже давно придумал. Нужно создать плотные оболочки, которые бы предохраняли гаметофит от потери влаги. Заростки, упакованные в оболочки, как луковицы в шелуху, будут гораздо более устойчивы к высыханию.

Профессор Зеленовский: Да, это, похоже самый простой способ. И, конечно, растения использовали и его тоже.

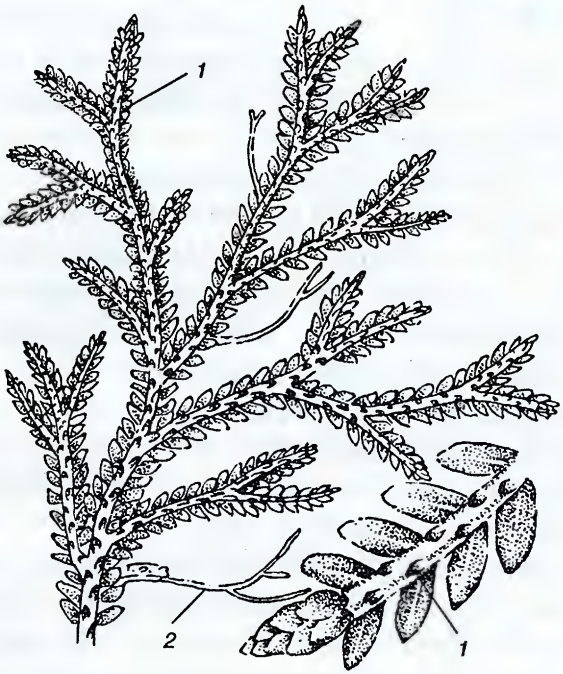
Порфира: Ну, уж если Сфагнум догадался...

Профессор Зеленовский: Перестаньте ссориться. Сейчас не время — мы уже на пороге отгадки происхождения семени. Но прежде, прежде я хочу познакомить вас с одной очень для нас интересной особой. Ага, вот и она!

Плаун: Селягинелла, сестричка, привет! Какими судьбами?

Селягинелла: Да так, зашла по просьбе Профессора. Привет, всей компании. Чем могу вам помочь, Профессор?

Профессор Зеленовский: Ты сделаешь нам большое одолжение, если поможешь мне рассказать аудитории о том, что такое **разноспоровость.**



Селягинелла

Относится к отделу плауновидных. Род селягинелла насчитывает до 700 разных видов, большинство из которых растет в тропиках, но некоторые виды встречаются на севере европейской части России и на Дальнем Востоке. Селягинеллы часто выращиваются как комнатные растения. 1 — побег; 2 — придаточные корни

Селягинелла: А-аа, с удовольствием!

Порфира: Кажется, мы попали. Ей только волю дай — мертвого заговорит.

Селягинелла: Итак, разноспоровость. В отличие от большинства моих современных родственников: папоротников, хвощей и других плаунов я обладаю одной очень важной особенностью, которую профессор Зеленовский и другие ботаники называют **разноспоровостью**. Это значит, что в моих спорангиях развиваются споры двух сортов: микроспоры, или мужские споры, и мегаспоры, или женские споры. Микроспоры дают начало мужским гаметофитам, которые образуют сперматозоиды, а мегаспоры прорастают в женские гаметофиты с яйцеклетками.

Плаун, *Многоножка*, *Сфагнум*: А наши споры как называются?

Селягинелла: Ваши споры все одинаковые. Специального названия для них нет. А растения, которые образуют одинаковые споры, то есть вы, называются **равноспоровыми**. И заросток-гаметофит у вас обоеполый — на нем развиваются и сперматозоиды, и яйцеклетки.

Плаун, *Сфагнум*: Значит, мы все равноспоровые, а ты одна такая особенная?

Селягинелла: Ну, не одна, у меня есть еще родственники — полушники, они тоже разноспоровые.

Многоножка: Неправда, неправда! У меня тоже есть разноспоровые родственники: водные папоротники марсилия и сальвиния.

Селягинелла: Ну да, есть, но все равно — не мешай мне. Итак, разноспоровость. Да, обладать спорами двух видов — очень удобно. Мегаспоре предстоит дать начало новому спорофиту, который разовьется из яйцеклетки. Чтобы ускорить развитие спорофита и не подвергать его лишним опасностям, разноспоровые растения подумали о том, чтобы снабдить зародыш запасом питательных веществ. Этот запас питательных веществ накапливается в крупной и тяжелой мегаспоре. Задача микроспор совершенно иная. Им нужно доставить сперматозоиды к яйцеклеткам. Для этого никакого запаса пищи не требуется — микроспоры должны быть маленькими и легкими, чтобы они могли переноситься с токами воздуха.

Профессор Зеленовский: А теперь, дорогая Селягинелла, будь добра, познакомь нас со своим жизненным циклом. Для наших друзей это будет довольно поучительно. Начать, пожалуй, следует с момента, когда мегаспоры и микроспоры покидают спорангии на твоем спороносном колоске.

Селягинелла: Если я не ошибаюсь, у присутствующих здесь равноспоровых спора прорастает в заросток, впрочем, достаточно крупный — речь идет о миллиметрах и даже, смешно подумать, о сантиметрах.

Многоножка (Сфагнуму, шепотом): Мне даже слушать противно эту зазнайку!

Селягинелла: У заростка равноспоровых нет защитных оболочек, поэтому он очень чувствителен к недостатку влаги, я не говорю уже о том, что его легко может уничтожить какой-нибудь любитель нежной зелени. У нас, селягинелл, все обстоит совершенно иначе, речи не идет о том, чтобы так рисковать жизнью заростков. Наши заростки развиваются внутри споры!

Многоножка: Ерунда, не может такого быть! В споре одна клетка помещается с трудом, а ты говоришь — гаметофит.

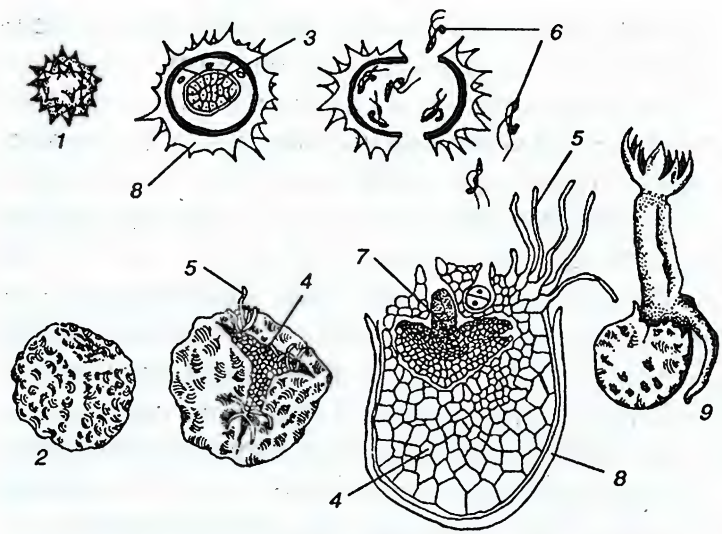
Профессор Зеленовский: И тем не менее это так: у селягинеллы внутри мелкой микроспоры развивается крошечный мужской гаметофит, а под оболочкой мегаспоры — женский гаметофит. Посмотрите на рисунок.

Плаун: Все совершенно так, как я и предполагал: гаметофиты селягинеллы настолько малы, что умещаются под оболочкой споры!

Сфагнум: Оболочка споры служит им для защиты — а я так и предлагал!

Многоножка: Смотрите, на самом деле женский гаметофит селягинеллы очень похож на обычный заросток. Хотя он очень мелкий и скрывается под оболочкой споры, у него есть настоящие ризоиды и женские половые органы — архегонии, в которых образуются яйцеклетки.

Селягинелла: Похож, да не во всем. Мой заросток почти не тратит драгоценного времени



Развитие гаметофитов селягинеллы

1 — микроспора; 2 — мегаспора; 3 —мужской гаметофит; 4 — женский гаметофит; 5 — ризоиды; 6 — сперматозоиды; 7 — развивающийся зародыш спорофита; 8 — оболочка споры; 9 — прорастание молодого спорофита

на самостоятельное питание — зеленеют только поверхностные клетки в разрывах оболочки споры. А вообще-то в споре накоплено достаточно пищи, чтобы заросток ни в чем не нуждался.

Многоножка: Получается, что у селягинелл взрослый спорофит заботится о питании своего будущего второго поколения, о маленьком гаметофите. Это очень похоже на то, что я имела в виду.

Профессор Зеленовский: Конечно, все вы: и Многоножка, и Плаун, и Сфагнум были совершенно правы, когда предложили возможные

способы защиты гаметофита. На примере селягинеллы мы увидели, как ваши идеи воплотились в жизнь.

Порфира: Значит, у Селягинеллы уже есть семя?

Сосна: Что-то непохоже это на настоящее семя. Во всяком случае, на мое.

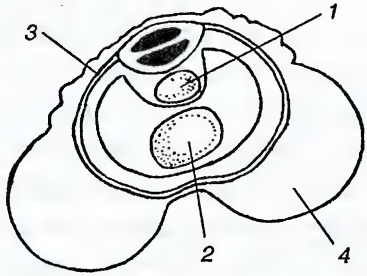
Профессор Зеленовский: Действительно, мегаспора разноспоровых плаунов или папоротников — это еще не семя. Для того чтобы возникло семя, потребовалось еще несколько очень важных изменений. Представьте себе, что крупная, богатая питательными веществами мегаспора престала покидать материнское растение спорофита и развивается теперь прямо внутри спорангия. Таким образом, женский гаметофит оказывается защищенным не только оболочкой споры, как у селягинеллы, но еще и мясистыми стенками спорангия. Неплохая защита, верно?! Кроме того, внутри спорангия женский гаметофит с яйцеклеткой, а затем и с зародышем обеспечен пищей.

Многоножка: Взрослый спорофит вынашивает зародыш и выкармливает его. Вот видите, я же говорила вам, говорила!

Осина: А что происходит с микроспорой?

Профессор Зеленовский: Практически ничего. Микроспора семенных растений, как и у разноспоровых, содержит мужской гаметофит, который дает начало сперматозоидам или спермиям. Разница заключается только в том, что у семенных растений мужской гаметофит со-

стоит всего из 3 клеток. Только вдумайтесь! У знакомых нам папоротников, хвощей и плаунов (кроме уважаемой Селягинеллы) заросток-гаметофит измеряется миллиметрами и даже сантиметрами, а у какой-нибудь сосны или ели состоит всего из 3 клеток! А знаете, как называются эти 3 клетки, спрятанные под оболочкой микроспоры? Ни за что не догадаетесь... — пыльца! Точнее, пыльцевое зерно.



Пыльцевое зерно сосны:
1 — генеративная клетка; 2 — клетка трубки; 3 — оболочка споры; 4 — воздушные мешки

Сосна и *Осина* (в один голос): Невероятно!

Сосна: Кто бы мог подумать, что моя обыкновенная пыльца... Удивительно! Это значит, что, мои микроспоры, то есть мои мужские гаметофиты, то есть моя пыльца, доставляются к семязачаткам ветром?

Осина: У тебя и у меня — ветром, а у других цветковых растений пыльцу переносят разные животные-опылители и даже вода.

Сосна: Подождите, я что-то запуталась.

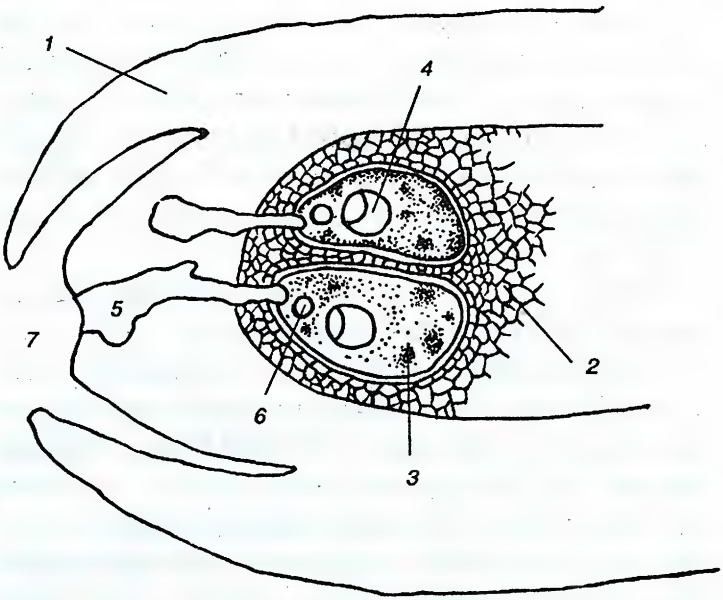
Профессор Зеленовский: Тебе всё станет понятно, если я расскажу об образовании семени еще раз на примере сосны. Итак, весной под чешуйками мужских шишек развиваются микроспоры. Внутри них развивается крошечный

мужской гаметофит, который состоит всего из 3 клеток. Позже одна из этих клеток делится с образованием двух спермиев. Микроспора, внутри которой находится мужской гаметофит, называется уже не микроспорой и не микрогаметофитом, а пыльцевым зерном.

А что происходит под покровом чешуй женских шишек? Там в семязачатках происходит образование мегаспор. Семязачатки можно увидеть, если весной, где-нибудь в конце апреля, отогнуть чешуйку молодой женской шишки. Семязачатки выглядят как два маленьких бугорка на ее поверхности (см. рис. на с. 291). На самом деле семязачаток — это не что иное, как мегаспорангий, дополнительно покрытый защитной оболочкой.

В мегаспорангии-семязачатке образуется 4 мегаспоры, из которых только одна дает начало женскому гаметофиту, а остальные погибают. Женский гаметофит, как и мужской, развивается внутри оболочки споры. В результате он защищен тремя оболочками: оболочкой споры, оболочкой мегаспорангия и дополнительной оболочкой, покрывающей сам мегаспорангий. Правда, последняя оболочка не сплошная. В ней существует отверстие, которое называется пыльцевход, или микропиле.

Мы с вами уже видели, до какой степени упрощается мужской гаметофит — от него остается всего 3 клетки. Женский гаметофит остается довольно крупным. Он состоит из множества клеток и даже формирует много-



Семязачаток хвойного растения

1 — покров семязачатка; 2 — мегагаметофит; 3 — архегонии; 4 — яйцеклетка; 5 — пыльцевая трубка; 6 — спермий; 7 — пыльцевход (микропиле)

клеточные половые органы — архегонии, в которых созревают яйцеклетки. Архегонии голосеменных удивительно напоминают архегонии папоротников: в расширенном брюшке хранится яйцеклетка, а над ним возвышается длинная шейка, через которую подвижные сперматозоиды или неподвижные спермии попадают к яйцеклетке.

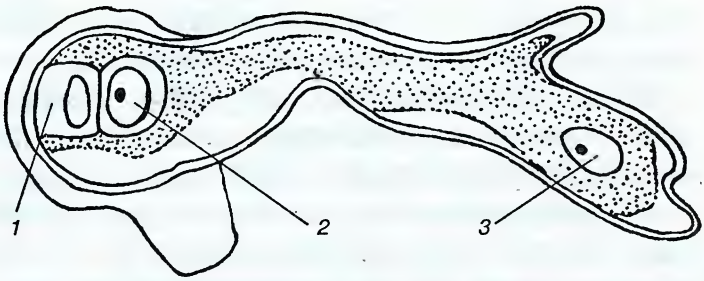
Теперь вернемся к пылинке, которая, как мы уже знаем, не просто пылинка, а отдельный организм, целая стадия жизни сосны — мужской гаметофит. Если пылинке посчастливилось

попасть под чешуйку женской шишки, происходит оплодотворение. К моменту созревания яйцеклеток из отверстия пыльцевхода выделяется капелька жидкости, в которую попадает пылинка. Капелька жидкости с пылинкой всасывается через пыльцевход внутрь и оказывается возле стенки мегаспорангия.

Сосна: А как же спермии добираются до яйцеклеток? Они же неподвижны!

Профессор Зеленовский: Как вы помните, одна из трех клеток пылинки делится с образованием двух спермиев. Так вот, другая становится клеткой пыльцевой трубки, по которой спермии попадают к женскому гаметофиту. Пыльцевая трубка удлиняется, прорастает через стенку мегаспорангия, через шейку архегония и около яйцеклетки разрывается. Один из освободившихся спермиев сливается с яйцеклеткой. Образовавшаяся зигота — это уже молодой спорофит. Из зиготы развивается зародыш семени с зачаточным корешком, зачаточным побегом и первыми листьями — семядолями. Запасные вещества, необходимые зародышу в первые дни самостоятельной жизни, когда семя покинет шишку, откладываются в клетках женского гаметофита, окружающего зародыш. Эта запасающая ткань называется эндоспермом. Оболочка мегаспорангия превращается в семенную кожуру.

Сосна: Огромное спасибо, Профессор. Теперь я могу сказать, что знаю о своем организме почти все и что жизненный цикл голосе-



Образование пыльцевой трубки у сосны
1 — стерильная клетка; 2 — сперматогенная клетка; 3 — ядро клетки трубки

менного растения гораздо более совершенен, чем даже у селягинеллы. По сравнению с новорожденным спорофитом селягинеллы, который защищен только оболочкой споры, зародыш голосеменного растения не только покрыт тремя оболочками, но и получает питание от взрослого растения все время, пока находится внутри шишки. Но самое главное достоинство нашего жизненного цикла заключается в том, что оплодотворение происходит без участия воды! Мхам, плаунам, хвощам, папоротникам вода была необходима, чтобы сперматозоиды доплыли до яйцеклеток, а мы, голосеменные, научились обходиться без нее. Даже мужские гаметы почти всех голосеменных — спермии — стали неподвижны — плыть стало некуда.

Профессор Зеленовский: Кстати, у наиболее примитивных представителей голосеменных — гингко и саговников — мужские гаметы подвижны и потому называются не спермиями, а

сперматозоидами. Это древний признак сближает их с предками семенных растений.

Сосна: Ну, всё равно, эти сперматозоиды плывут не во внешней среде, а только в капельке жидкости, выделяемой семезачатком.

Профессор Зеленовский: Да, конечно, даже у саговников оплодотворение практически не зависит от воды. Итак, я поздравляю вас, друзья! Мы успешно добрались до разгадки тайны образования семени.

Порфира: У меня даже голова кругом пошла, до того это было увлекательно. Получилось как настоящее расследование.

Сфагнум: Все это, конечно, очень интересно, но не пора ли нам по домам? У меня уже, образно выражаясь, в горле пересохло.

Осина: Нет уж, постойте! Если уж разбираться, то до конца. А то получается, про всех поговорили, а про цветковые растения забыли? Неужели вам самим не интересно, чем отличаются цветковые от голосеменных?

Порфира: Мне интересно!

Сосна: Мне тоже интересно. Все твердят про покрытосеменные: «Вершина эволюции, вершина эволюции!» А объяснить толком, в чем там дело, не могут.

Многоножка: Нехорошо получилось, что мы забыли об Осине.

Профессор Зеленовский: Ну, что ж, разбираться — так до конца. Не волнуйтесь, это не займет очень много времени, хотя в вопросах размножения цветковые отличаются от голо-

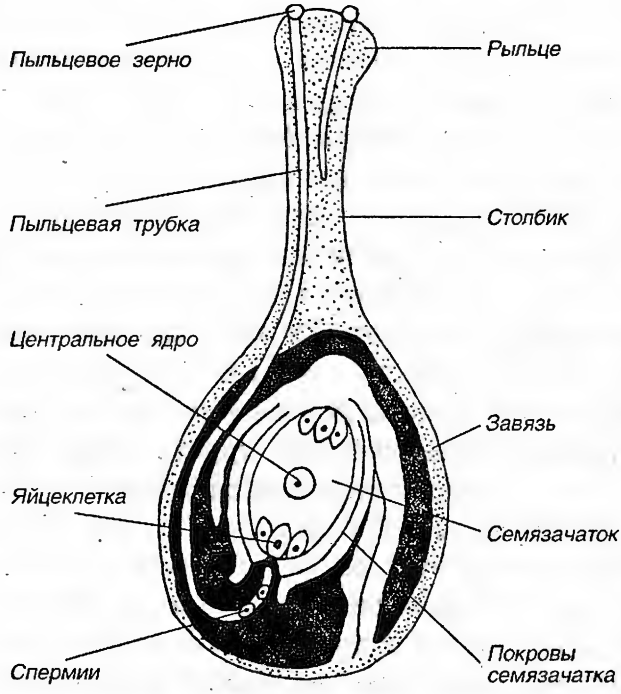
семенных довольно сильно. Начнем с того, что семязачатки цветковых находятся не на внутренней стороне чешуек женских шишек, а внутри завязи пестика. Микроспорангии с микроспорами у них находятся не в мужских шишках, а внутри пыльников тычинок.

Как и у голосеменных, мужской гаметофит цветковых развивается внутри микроспоры и называется пыльцевым зерном, или пылинкой. Он состоит из двух клеток, одна из которых дает начало двум спермиям, а другая прорастает в пыльцевую трубку, как только пылинка попадет на рыльце пестика.

А вот женский гаметофит цветковых растений отличается от мегагаметофита голосеменных довольно сильно. У цветковых он совсем крошечный и состоит всего из 7 клеток. Понятное дело, что никаких половых органов, как у женских гаметофитов голосеменных, из такого количества клеток возникнуть не может.

Порфира: А откуда взялось такое странное число клеток — 7? Ведь мы знаем, что в результате деления всегда получается четное число клеток.

Профессор Зеленовский: Всё так и есть, изначально зародышевый мешок (так называется у цветковых женский гаметофит) состоит из 8 клеток, но две из них потом сливаются в одну двухъядерную клетку, которая носит название центральной. При этом из 7 клеток только две принимают участие в образовании



Пестик цветкового растения

семени: центральная и яйцеклетка — остальные погибают.

Попав на рыльце пестика, пылинка прорастает. Клетка трубки образует проход для спермиев. По этой трубке два спермия проходят через рыльце и столбик пестика, попадают в завязь и проникают через пыльцевход и стенку мегаспорангия к семиклеточному женскому гаметофиту. Здесь один из спермиев сливается с яйцеклеткой, образуя зиготу, а второй спермий сливается с двухъядерной центральной клеткой.

Сосна: А это еще зачем?

Профессор Зеленовский: В результате этого слияния получается трехъядерная клетка, из которой образуется эндосперм. Помните, у голосеменных тоже есть такая запасающая ткань, питающая зародыш? Так вот — у голосеменных эндосперм образуется из тканей женского гаметофита, а у гаметофитов, как известно, набор хромосом одинарный.

Осина: А у нас, у цветковых, клетки эндосперма несут даже не двойной набор хромосом, как все обычные клетки, а тройной: два набора — от слившихся ядер зародышевого мешка, и еще один — от слившегося с центральным ядром спермия!

Сосна: А какая разница?

Профессор Зеленовский: Разница довольно существенная. За счет утроенного количества хромосом клетки эндосперма цветковых растений быстрее растут, быстрее накапливают запасы и поэтому семя у них развивается гораздо быстрее.

Осина: Вот у тебя, Сосна, семена созревают два года. За это время сколько опасностей их поджидает. А у меня — месяц-полтора — и готово! Скорость, бабушка, скорость!

Профессор Зеленовский: Действительно, чем быстрее развивается семя, тем лучше. Но у покрытосеменных растений есть и другие преимущества. Сверху семя покрывается дополнительными оболочками, в которые превращаются разные части цветка: завязь, чашечка,

цветоложе — формируется плод. А плод имеет огромное значение для защиты и распространения семян. Но, я вижу, вы все уже устали, поэтому давайте подведем итоги и перечислим основные этапы возникновения семени.

Плаун: Уменьшение гаметофита и сокращение его жизни!

Селягинелла: Появление разноспоровости!

Порфира: Гаметофит стал зависим от спорофита. Маленький гаметофит стал развиваться прямо на спорофите и питаться за его счет.

Сфагнум: Гаметофит стал развиваться под покровом защитных оболочек. Сначала это была только оболочка споры, а затем в защите семени стали принимать участие стенки спорангия.

Сосна: А потом, у семенных растений, образовались дополнительные защитные оболочки.

Осина: Теперь мы знаем, что семя — это оплодотворенный семязачаток, а семязачаток — это не что иное, как крошечный женский гаметофит, который развивается внутри спорангия под защитой его стенок.

Многоножка: И двух защитных оболочек!

Профессор Зеленовский: Браво! Мне здорово повезло с учениками.

Сфагнум: Уф-ф, долго же мы с этим семенем разбирались, я даже успел подсохнуть.

Профессор Зеленовский: Не так уж и долго, уважаемый Мох. Наземным растениям для этого потребовалось 500 миллионов лет, а мы с вами за три часа управились.

ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

агава 326
агар-агар 174
азолла 263
азот 35–40
азотобактер 37
актинидия 325
алкалоиды 114
алоэ 326
альгин 178
амёбы 71, 72, 90, 92, 94, 96, 97
анабена 263
антеридии 217, 366, 369
антибиотики 15, 42, 86, 139–141
«антонов огонь» 114
араукария 298, 299
архегонии 217, 366, 369, 376
аспергилл 126, 142
асплениум (костенец) гнездовой 267, 274–278

Б

багульник 321
бактерии 7, 11, 14–46, 61–62, 83, 105, 107, 140, 176, 205
— азотфиксирующие 37
— водородные 28
— гнилостные 23, 41
— денитрифицирующие 36
— метанообразующие 17, 28
— молочнокислые 40
— уксуснокислые 40
бактериофаги 15, 46, 49, 54, 56–58
банксия 348
бациллы 18, 175
— дифтерийные 25
бегония 164
Бейеринк М. 54
белый гриб, боровик 118, 122, 131, 143, 143
берёза 138, 344
бобовые 36, 39
бобы 322
бокальчик 126
болбитис 164, 261, 262
болгарская палочка 40
болетус паразитный 118
болото верховое (сфагновое) 237, 289
бриофиллум 164
брусника 321
бурсария 70, 71, 92, 94
Буссенго Ж. 37
Бюхнеры 136

В

вайя 260, 264, 272, 276
валлиснерия 345–347
«ведьмины круги (кольца)» 133
вельвичия удивительная 283, 283, 298, 299
ветреница 317, 335
вешенка обыкновенная 120
виноград 322, 324, 325
вирусы 7, 46–61
вишня 315
водоросли 7, 93, 151–182, 217, 224, 362–364
см. также лишайники
— бурые 154, 157, 170, 174, 182, 364
— жёлтозелёные 158
— зелёные 157, 217, 226, 227, 355
— золотистые 158
— красные 154, 157, 171, 174, 364
— саргассовые 167
вольвокс 67, 68, 88, 91, 94
выводковые почки 262
— тельца 230
вьюнок 325

Г

гаметангии 169
гаметофит 170–173, 248, 259, 362–388
гаметы, половые клетки 169, 217, 226, 227, 248, 282, 359, 365
гаустории 212
гвоздичные 200, 333
гиббереллины 146
гинкго 299, 303
гинкговые 301
гистоплазма капсулятум 148
гифы 105, 133, 186–188, 191–196, 213
— лишайников (двигающие, жировые, ищущие) 193–195
гликоген 104
гнетум 321
головнёвые грибы 110
головня пыльная пшеницы 111
голосеменные 151, 225, 226, 281, 284–310, 365
гониум 87
горох 322
грегарины 67
грибница, мицелий 105, 125, 128, 132, 187
грибы 7, 11, 22, 83, 85, 103–147, *см.* также лишайники
— плесневые 126, 131
— сумчатые 131
— хищные 119
— шляпочные 103, 125, 127, 129, 131, 142
грибы-карбофилы 131, 132
грипп 50
губоцветные 350
гусиный лук 317, 337

Д
Д'Эрелль Ф. 54, 57
дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) 11
делессерия 155
джут 56
диатомеи, диатомовые водоросли 80–82, 84, 91
дидиний 92, 94
дикранум метловидный 231
диктиобактер 45
динофлагелляты, панцирные жгутиконосцы 77, 84, 91
дисбактериоз 34
дождевик 126, 127
доядерные организмы 12, 14
древесина 221
дрожжи 125, 135–138, 145, 147

Е
ежевика 322
ель 286, 291, 298, 299

Ж
жгутиконосцы, жгутиковые 90, 98, 100, 189
железобактерии 29
жёлтая лихорадка 51
животные 7, 83, 85, 104
жизненные формы 320

З
заросток *см.* гаметофит
земляника 165, 315
зигота 169, 359, 369
злаковые 344
«злые корчи» 114
зооспоры 165
зостерофиллофиты 356

И
Ивановский Д.И. 51
инфузории 67, 70, 84, 90, 100, 189
инфузория-трубач 70, 92
инфузория-туфелька 69, 72, 92, 94
«испанка» 50

К
кактусы 326–331
каламиты 222, 246
калужница болотная 350
капуста 341
каротиноиды 79, 159
каррагенан 174
картофель 203
кедр 294, 298, 299
кедровый стланик 295, 298
кипарис 298, 302
кислота альгиновая 174
кишечная палочка 34, 44
кладония 187, 190, 288
клевер 37
клематис 325
клетка 10
клоповник мусорный 334
клостридиум Пастера 37
княжник сибирский 348
коллибия (денежка) слизистая 143
колокольчик 343

колонии 15
корневище 253
костянка 315
«красные приливы» 79
«красный снег» 152
крахмал 74, 104, 253
ксантория 190, 192
кукуруза 341
кукушкин лён 229, 231, 240
кутикула 218, 235

Л

лакмус 214
ламинариевые 221
ламинария, «морская капуста» 156, 168, 170, 177–180, 182, 364
Левенгук А. ван 65, 135
лектаровиолин 144
лепидодендроны (чешуедревы) 222, 246
лепидозамия Хоупа 307
лианы 321
лигнин 108
лизосомы 11, 12
лилия 349
лимонник китайский 325
Линней К. 305
липа 320
лиственница 298, 299
литотамния, «каменная водоросль» 182
лишайники 7, 185–214
— жизненные формы 190, 205, 209
лишайниковые кислоты 191, 197, 204
«лишайниковые пустыни» 210
лотос 315
луковичные 321
львиный зев 349
люпа двулистная 124

М

макроцистис 156, 182
марсилия 261, 375
маршанция многообразная 229, 234
маслёнок лиственичный 122
мать-и-мачеха 317
мегаспоры 374
медуница неясная 317, 318
мембрана 10
механические ткани 222, 235
микориза 120–125
микроспоры 374
митохондрии 11, 12
мицелий *см.* грибница
мниум 231
многоножка обыкновенная 271
можжевельник 284, 298
молодило 322
молочай 327, 328
моховидные (мхи) 151, 198, 203, 225, 226–243, 354, 364, 365
мукор 126
мухомор 122
мхи листостебельные 231, 234

мхи печёночные 231
мятлик луговой 200

Н

нарцисс 349
незабудка 349
некротическая мозаика риса 55
ночесветка 78
нуклеиновые кислоты 47, 59
нуммулиты 67
Нюладер Б. 209

О

обвойник 325
обмен веществ 8
огурец бешеный 325
«олений мох», ягель 190
олений рог (платицериум лосерогий) 269
омфалина гаревая 132
опёнок 106, 115
опыление 339
органеллы 10
орешник 344
орляк 265, 272
орхидные 123
осина 344
осоковые 344
очиток 322

П

панцирные жгутиконосцы *см.* динофлагелляты
папоротники 151, 222, 225, 226, 245, 260–278, 354, 365, 370
парамилон 75
пассифлора 322
Пастер Л. 21, 135
пастеризация 21, 41
пельтигера собачья 190
пеницилл 126, 139–142
пенициллин 139
первоцветы 317
перекати-поле 321, 334
печеночница (гриб) 147
пигменты 160
пирофиты 258
пихта 302
плауны 151, 222, 225, 226, 255–259, 354, 365, 370
плеврококк 161
плодовые тела (грибов) 105, 118, 127–129, 145, 187
плющ 322, 325
повой 325
подосиновик 122
подставки (мхов) 230
покровные ткани 218, 235
покрытосеменные *см.* цветковые
политрихум 240
половые клетки *см.* гаметы
половые органы 225, 248, 369
полушники 374
порфира 171–174, 177
посидония 152
проводящая система 220, 225, 317
проводящие ткани 232, 235

простейшие 7, 66–100, 105, 162
псилоцибе 143
птилиум гребенчатый 231
пыльца 379
пыльцевая трубка 381, 383

Р

разноспоровость 373
растения 7, 11, 73, 83, 85, 104, 120–125, 151–388
— высшие 151, 203, 226
— низшие 151, 221
— семенные 281, 313
— сосудистые 226, 243
— споровые 281, 313
растения-подушки 321, 322, 332
ржавчина стеблевая пшеницы 125
рибосомы 48
ризоиды 153, 200, 230, 234, 366, 376
риниофиты 244, 355
риния большая 244
ричия 228, 234
рогатик 187
роголистник 346
рожь 341
роза 322
ротанговая пальма 322
рочелла 214
руссулин 143
рыжик обыкновенный 143, 144
рябина 320

С

саговники 284, 301, 302, 305–310
сальвиния 261, 262, 375
саргассум 167, 182
сассапариль 325
секвойя 222, 298, 299
секвойядендрон 222, 298, 299
селягинелла 259, 373–378
семенные папоротники 225, 247, 281, 282, 358
семя 281, 313, 378
семязачаток 314
сепультария песчаная 133
серобактерии 29
синезелёные водоросли *см.* цианобактерии
ситовидные трубки 220, 232, 243, 245
скребница лекарственная 272
слоевище 153, 164, 188, 191, 200, 217, 225, 227, 234
сморчок 126, 130, 131
сонная болезнь 97
соредии 196
сосна 122, 286, 298, 302
— обыкновенная 287
— сибирская (кедровая) 287, 293
сосуды 220, 232, 243, 245
сперматозоиды *см.* гаметы
спиростомум 67, 70
спирохеты 44
спляхнум 242

спорангии (зооспорангии) 166, 225, 227, 228, 239, 252, 256, 265
спорофилл 252, 256, 291
спорофит 170–173, 248, 362–388
споры (зооспоры) 125, 127, 131, 139, 166, 168, 173, 195, 225, 227, 228, 239, 249, 255, 256, 265, 361, 363
споры бактерий 18
спорыньёвые грибы 110
спорынья 113
стрептококк молочнокислый 40
строчок 126, 131
суккуленты 321, 326
сфагнум 229, 231, 233, 238, 240
сциндапсус 322
сыроежка 131, 143

Т

табачная мозаика 49, 51
таксис 44
таксодиум (болотный кипарис) 299
тис 284
ткани 234, 243
тополь 344
трентеполия 160, 226
трипаносомы 97
трутовики 109, 115–143, 147
туя 298, 302
тыква 322
тэйлория тонкая 242

У

ульва, «морской салат» 154, 157, 364
уснея 189, 209
устьица 219, 235

Ф

фасоль 322
ферменты 136, 146
фиалка удивительная 340
фикоэритрин 159
фикус ползучий 322
филлоглоссум Драммонда 258
фитопланктон 93
фитофтора 146
фитоцианин 159
флавобактериум 22
Флеминг А. 139
фотосинтез 21, 28, 82, 85, 92, 202, 210, 317
фраммулина бархатистая, «зимний гриб» 143
фузариум 146
фукус 182

Х

хвойные 284–298
хвощи 151, 222, 225, 226, 250–255
хейлантес 273
хитин 86, 104
хламидомонада 68, 84, 91, 94
— снежная 152
хлорелла 161, 180
хлорококк 161
хлоропласты 11, 12

хлорофилл 21, 73, 82, 159, 210
хлорофитум 165
хмель 322
хохлатка 337

Ц

цветковые, покрытосеменные 151, 198, 200, 203, 224, 225, 226, 281, 284, 313–352, 358, 365, 384
цветок 314, 316
целлюлоза 74, 98, 104, 108
цератоптерис 261
цианобактерии, синезелёные водоросли 15, 21, 44, 93, 95, 204, 263
циатея 260
циста 90
цитоплазма 10

Ч

чага 143
черника 321
чешуйчатка углелюбивая 132
чистяк весенний 337

Ш

шалфей лекарственный 351
шампиньон полевой 132
Швенденер С. 186, 211
шишкоягода 285

Щ

щитовник мужской 264, 370

Э

эвглена 68, 84, 91
— зелёная 73, 74, 94
эвглены бесхлорофилльные 75
эвдорина 87, 88
эвкалипт царственный 222
энцефалятрос превосходный 307
эпидермис, кожица 218, 235
эпифиты 267, 307
эрготизм 114
эфемероиды 336
эфемеры 336

Я

ягель *см.* кладония
ядерные организмы 7, 11, 83
ядро 10
яйцеклетка *см.* гаметы
яснотка белая 350
ятрышник 124
ящур 54

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

МИР НА КОНЧИКЕ ИГЛЫ:
БАКТЕРИИ И ВИРУСЫ

Такие разные, такие похожие 7
Познакомьтесь — бактерии 14
Вездесущие микробы 16
Созидатели или разрушители? 21
Выдающиеся химические способности 25
Лучшие друзья 33
Друзья растений 35
Невидимые помощники человека 40
Поведение бактерий 44
Вирусы 46
Исследование невидимок 51
«Полезные» вирусы 55
Тайны происхождения 58
Знаете ли вы, что... 61

ПРОСТЕЙШИЕ

Открытие нового мира 65
Разрешите познакомиться... 67
Растения или животные? 73
Две половинки диатомеи 80
Наши общие предки 83
Универсальная защита — цисты 90
Можно ли обойтись без простейших? 91
Знаете ли вы, что... 100

ГРИБЫ

В грибном царстве,
да в хитиновом государстве... 103
Такие разные грибы 107
Содружество грибов и растений 120
Размножение 125
Где можно встретить грибы? 131
Ведьмины круги 133
Грибы на службе человеку 135
Грибы-врачи 138
Знаете ли вы что... 145

ВОДОРОСЛИ

Низшие растения 151
Красный, бурый, зеленый... 157
Двуликие водоросли 163
С ними выгодно иметь дело 174
Знаете ли вы, что... 182

ЛИШАЙНИКИ

Союз двух царств 185
Строение лишайников 189
Размножение лишайников 195
Лишайниковые кислоты 197
Чем хуже, тем лучше 199
Вместе мы завоюем мир 206
Ахиллесова пята лишайников 208
Закадычные враги 211
Знаете ли вы, что... 214

РАСТЕНИЯ ЗАХВАТЫВАЮТ СУШУ

Жестокий новый мир... 217
Первые шаги 224
Моховидные 226

Успех неудачников 234
Размножение мхов 239
Папоротники и не только 243
Хвощи 250
Плауны 255
Папоротники 260
Папоротники в воздухе 267
И снова о воде... 272

РАСТЕНИЯ С СЕМЕНЕМ

Выжить или жить? 281
Хвойные: обыкновенные... 284
...и не очень 294
Удивительная вельвичия 298
Современники динозавров 301

ПОКРЫТОСЕМЕННЫЕ, ИЛИ ЦВЕТКОВЫЕ, РАСТЕНИЯ

Секрет успеха 313
Жизненные формы 319
Лианы 321
Суккуленты 326
Подушки и побрякушки 332
Кажущиеся однодневки 335
Опыление — не всё так просто 339
Армия помощников 343
Глава о том, как возникло семя 353
Предметно-именной указатель 390

Научно-популярное издание

В помощь учебному процессу

Я ПОЗНАЮ МИР

Энциклопедия

БОТАНИКА

Юлия Николаевна Касаткина

Зав. редакцией *Е. М. Иванова*
Ведущий редактор *П. М. Волцит*
Художественный редактор *И. А. Зыкова*
Технический редактор *Г. А. Этманова*
Компьютерная верстка *Н. Г. Гаспаровой*

ООО «Издательство АСТ»
141100, РФ, Московская обл., г. Щелково, ул. Заречная, д. 96

ООО «Издательство Астрель»
129085, г. Москва, пр-д Ольминского, д. 3а

Вся информация о книгах и авторах
Издательской группы «АСТ» на сайте www.ast.ru

По вопросам оптовой покупки книг
Издательской группы «АСТ» обращаться по адресу:
г. Москва, Звездный бульвар, д. 21 (7 этаж)
Тел.: 615-01-01, 232-17-16

Заказ книг по почте:
123022, г. Москва, а/я 71, «Книга — почтой»,
или на сайте shop.avanta.ru

Издано при участии ООО «Харвест». ЛИ № 02330/0494377 от 16.03.2009.
Республика Беларусь, 220013, Минск, ул. Кульман, д. 1, корп. 3, эт. 4, к. 42.
E-mail редакции: harvest@anitex.by

ОАО «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа».
ЛП № 02330/0150496 от 11.03.2009.
Республика Беларусь, 220600, Минск, ул. Красная, 23.

ISBN 978-5-17-019665-4

9 785170 196654

ИЗДАТЕЛЬСТВО